

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΛΙΜΕΝΕΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΠΕ**

Μάριος Α. Ψυχογιός

Εξεταστική Επιτροπή:

Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Παπαευθυμίου Σπύρος, Επίκουρος Καθηγητής

Σταυρακάκης Γεώργιος, Καθηγητής

Χανιά 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης υπό την επίβλεψη του Καθηγητή Κωνσταντίνου Καλαϊτζάκη κατά το Ακαδημαϊκό έτος 2014-2015.

Με την ευκαιρία της ολοκλήρωσης της εργασίας αυτής, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γεώργιο Σταυρακάκη για την συμμετοχή του στην επιτροπή εξέτασης.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Σπύρο Παπαευθυμίου για την βοήθειά του αλλά και τον χρόνο που αφιέρωσε όλη αυτήν την περίοδο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το διδακτικό προσωπικό του τμήματος Η.Μ.Μ.Υ. για τις γνώσεις αλλά και τις εμπειρίες που μου έδωσαν.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές που γνώρισα και με δίδαξαν στο Πολυτεχνείο Κρήτης, παίρνοντας από τον καθένα ένα κομμάτι γνώσης και εμπειρίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αλλαγές στο κλίμα αλλά και η ολοένα και αυξανόμενη ενεργειακή εξάρτηση οδηγούν την επιστημονική κοινότητα στην αναζήτηση πηγών ενέργειας περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον έχει στραφεί κυρίως στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος και δημιουργώντας παράλληλα νέες θέσεις εργασίας.

Ένας από τους τομείς που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας με τη χρήση ανεμογεννητριών. Τα αιολικά πάρκα είναι από τις πλέον υποσχόμενες τεχνολογίες για την παραγωγή ενέργειας και την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων από την ξηρά με χρήση αιολικής ενέργειας. Παρουσιάζεται μελέτη για μερικά από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ελλάδος που δέχθηκαν κρουαζιερόπλοια για το έτος 2014 με τη χρήση του προγράμματος HOMER 2. Επίσης γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις των αέριων ρύπων στη μόλυνση του περιβάλλοντος αλλά και στην ανθρώπινη υγεία και τέλος γίνεται ανάλυση της μεθόδου ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά (cold ironing) και ταυτόχρονα καταγράφεται ο απαραίτητος εξοπλισμός πλοίων και λιμένων για την υλοποίηση της.

ABSTRACT

Climate change and the ever increasing energy dependence led the scientific community to seek alternative and more environmentally friendly energy sources. In recent years, interest has mainly focused on Renewable Energy Sources to cover part of energy needs, contributing to the protection of the environment while creating new jobs.

One area of particular interest is wind energy utilization, using wind turbines. Wind farms are one of the most promising technologies for energy production and oil independence.

The purpose of this thesis is the electrification of cruise ships at berth through land-based wind energy sources. The research includes all ports of Greece that received cruise ships for 2014 while the software used is HOMER 2. Reference is also made to the effects of air pollutants on the environment and human health followed by an analysis of land-based electrification of cruise ships at berth using the cold ironing process, recording the necessary equipment of ships and ports needed for its implementation.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Πηγές εκπομπών αέριων ρύπων	9
1.1.1 Σταθερές πηγές εκπομπών σε λιμένα	9
1.2 Εκπομπές αέριων ρύπων πλοίων εντός Λιμένων	10
1.3 Εκπομπές κινητήρων πλοίων.....	10
1.4 Γενικές επιπτώσεις	11
1.5 Εκπομπές ρύπων από κρουαζιερόπλοια	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	16
2 Γενικά για το λογισμικό HOMER	16
2.1 ΧΡΗΣΗ.....	16
2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	16
2.3 Παρουσίαση προγράμματος HOMER 2.....	17
2.3.1 Δημιουργία αρχείου HOMER	17
2.3.2 Δημιουργία σχηματικού	18
2.3.3 Εισαγωγή φορτίου	19
2.3.4 Εισαγωγή εξαρτημάτων.....	20
2.3.5 Εισαγωγή λεπτομερειών πόρων	22
2.3.6 Επεξεργασία αποτελεσμάτων	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	26
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΙΜΕΝΑ ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ.....	26
3. Αναλυτική παρουσίαση ηλεκτροδότησης κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Αργοστολίου κατά το έτος 2014.....	26
3.1 Εισαγωγή δεδομένων.....	27
3.1.1 Εισαγωγή φορτίου	27
3.1.2 Εισαγωγή ανεμογεννητριών και ανεμολογικών δεδομένων.....	29
3.2 Αιολικά πάρκα Κεφαλονιάς	30
3.3 Αποτελέσματα	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	35
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΙΠΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ.....	35

4. Παρουσίαση ηλεκτροδότησης περισσότερων λιμανιών στα οποία αγκυροβολούν κρουαζιερόπλοια κατά το έτος 2014	35
4.1 ΛΙΜΑΝΙ ΚΕΡΚΥΡΑΣ	35
4.1.1 Εισαγωγή φορτίου	37
4.1.2 Αποτελέσματα	38
4.2 ΛΙΜΑΝΙ ΚΑΤΑΚΟΛΟΥ	40
4.2.1 Εισαγωγή φορτίου	42
4.2.2 Αποτελέσματα	43
4.3 ΛΙΜΑΝΙ ΚΑΒΑΛΑΣ	45
3.3.1 Εισαγωγή φορτίου	47
4.3.2 Αποτελέσματα	48
4.4 ΛΙΜΑΝΙ ΠΕΙΡΑΙΑ	50
4.4.1 Εισαγωγή φορτίου	52
4.4.2 Αποτελέσματα	53
4.5 ΛΙΜΑΝΙ ΡΟΔΟΥ	55
4.5.1 Εισαγωγή φορτίου	57
4.5.2 Αποτελέσματα	58
4.6 ΛΙΜΑΝΙ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	60
4.6.1 Εισαγωγή φορτίου	62
4.6.2 Αποτελέσματα	63
4.7 ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ	65
4.7.1 Εισαγωγή φορτίου	67
4.7.2 Αποτελέσματα	68
4.8 ΛΙΜΑΝΙ ΧΑΝΙΩΝ	70
4.8.1 Εισαγωγή φορτίου	72
4.8.2 Αποτελέσματα	73
4.9 ΛΙΜΑΝΙ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	75
4.9.1 Εισαγωγή φορτίου	77
4.9.2 Αποτελέσματα	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	81
ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΕΝΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΞΗΡΑ (COLDIRONING)	81
5.1 Μέθοδος ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά.	81

5.2 Προϋποθέσεις.....	82
5.3 Εξοπλισμός.....	82
5.4 Πλεονεκτήματακαι μειονεκτήματα της μεθόδου	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	86
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	86
6.1 Διαδικασία εκτίμησης εκπεμπόμενων ρύπων.....	86
6.2 Υπολογισμοί	88
6.3 Λεπτομέρειεςμηχανής και χρόνοι ελιγμών και ελλιμενισμού	88
6.5 Εφαρμογή της υπολογιστικής μεθόδου.....	89
6.5.1Ετήσιες εκπομπές κρουαζιερόπλοιων για το έτος 2014.....	89
6.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	90
6.7 ΣΥΝΟΨΗ.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92
ΕΥΡΗΤΗΡΙΟΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο Περιβάλλον εννοούμε το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες μιας περιοχής. Μεγάλη είναι η σημασία του φυσικού περιβάλλοντος (νερό, έδαφος, κλίμα, ατμόσφαιρα) για την επιβίωση του ανθρώπου και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Το περιβάλλον επιδρά στη σωματική, πνευματική και ψυχική διάπλαση του ανθρώπου συντελώντας στη διαμόρφωση της προσωπικότητας του. Ως εκ τούτου η ποιότητα της ανθρώπινης ζωής εξαρτάται από το περιβάλλον, στοιχείο του οποίου είναι και ο αέρας. Ο αέρας αποτελεί ένα από τα πιο πολύτιμα φυσικά αγαθά. Αν και είναι γνωστή η μεγάλη σημασία του για τη ζωή, ωστόσο είναι συνεχής η υποβάθμιση της ποιότητας του. Η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα είναι κομμάτι της περιβαλλοντικής ρύπανσης και συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης, η πρόοδος των οποίων εκτός από σημαντικά οφέλη που προσφέρει στην ανθρωπότητα έχει επίσης και δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στην υγεία των ανθρώπων. Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπου και έχει αρχίσει να λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις. Η διαρκής βιομηχανοποίηση των τελευταίων δεκαετιών έχει αρχίσει να προκαλεί σημαντική μεταβολή στο αστικό περιβάλλον. Ο αστικός χώρος σήμερα χαρακτηρίζεται από μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού, κτιρίων, αυτοκινήτων και πλοίων.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εστιάζει στη περιβαλλοντική ρύπανση των πλοίων εντός λιμενικών ορίων. Τα λιμάνια αποτελούν φυσικές περιοχές για τη μεταφόρτωση, ώστε να γίνεται η μεταφορά προϊόντων από το ένα μέσο μεταφοράς στο άλλο. Αποτελούν το μέσο σύνδεσης μεταξύ θαλάσσιων και χερσαίων μεταφορών, και τη διασύνδεση μεταξύ θάλασσας και ποταμών, δρόμων και σιδηρόδρομων. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην εφοδιαστική αλυσίδα καθώς οι μεταφορές είναι αναπόσπαστο κομμάτι της. Το σύγχρονο λιμάνι δεν αποτελεί κατάληξη ή εκκίνηση των μεταφορών αλλά λειτουργεί ως ενδιάμεσο διαμετακομιστικό σημείο προϊόντων και υπηρεσιών και ως συνδετικός κρίκος μιας αλυσίδας μεταφορών. Παράλληλα συντελούνται σε αυτό και παραγωγικές υπηρεσίες. Συγκεκριμένα, ένας λιμένας εξυπηρετεί την διακίνηση προϊόντων, με την φορτοεκφόρτωση πλοίων, και την διακίνηση επιβατών. Ως λιμενική περιοχή παρέχει αποθήκες εμπορευμάτων, δεξαμενές καυσίμων και επισκευών πλοίων. Επίσης στα λιμάνια και την ενδοχώρα τους είναι δυνατή η εγκατάσταση παραγωγής βιομηχανικών πρώτων υλών[1].

Όλα τα παραπάνω, διαμορφώνουν αρνητικές συνέπειες κυρίως στους κατοίκους των πόλεων που εισπνέουν καθημερινά αέρα ο οποίος είναι μολυσμένος με επιβλαβή αέρια και άλλα σωματίδια. Η ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων και οι επιπτώσεις της στη ποιότητα του αέρα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα παγκοσμίως. Έτσι, σημαντικά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης αντιμετωπίζουν σε μεγάλο βαθμό και οι ελληνικές πόλεις. Τα προβλήματα αυτά συνδέονται κυρίως με τις εκπομπές ρύπων από διάφορες πηγές και τη γενικότερη κλιματολογία και τοπογραφία της κάθε περιοχής. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και οφείλεται σε τρεις βασικούς λόγους: μεταφορές,

εκπομπές από μόνιμες πηγές και εκπομπές από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ελαχιστοποίηση των αρνητικών αυτών επιπτώσεων είναι σημαντική και μάλιστα ιδιαίτερα κατά την φάση του σχεδιασμού νέων έργων και δραστηριοτήτων.

1.1 Πηγές εκπομπών αέριων ρύπων

Σε ένα λιμάνι η ποιότητα του αέρα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα πλοία που δραστηριοποιούνται εκεί. Οι πηγές εκπομπών μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κατηγορίες εκπομπών ανάλογα με τις δραστηριότητες του λιμένα:

• 1η κατηγορία - Άμεσες εκπομπές

Οι εκπομπές αυτές είναι άμεσες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και προέρχονται από δραστηριότητες που λειτουργούν και ελέγχονται από την διοίκηση του λιμένα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τον στόλο των οχημάτων του λιμένα, τον εξοπλισμό διακίνησης του φορτίου, από τα κτίρια στις εγκαταστάσεις του λιμένα (π. χ. λέβητες), από τα οχήματα που ανήκουν ή νοικιάζονται από την διοίκηση του λιμένα και γενικότερα οποιεσδήποτε άμεσες εκπομπές προέρχονται από την διοικητική αρχή του λιμένα.

• 2η κατηγορία - Έμμεσες εκπομπές

Οι εκπομπές αυτές αναφέρονται στις έμμεσες εκπομπές από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία καταναλώνεται στα κτίρια διοίκησης και γενικά στις λιμενικές εγκαταστάσεις για τις λειτουργίες του λιμένα.

• 3η κατηγορία - Άλλες έμμεσες εκπομπές

Οι εκπομπές αυτές προέρχονται από τις υπόλοιπες λιμενικές δραστηριότητες οι οποίες δεν ελέγχονται άμεσα από την διοίκηση του λιμένα. Εδώ συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές των φορτηγών και των σιδηροδρομικών συρμών που μεταφέρουν φορτίο, των σκαφών του λιμένα, των γερανών φορτοεκφόρτωσης, των πλοίων, καθώς και οι εκπομπές των υπόλοιπων κτιρίων που δεν ανήκουν στην διοίκηση και της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από αυτά, και τέλος οι εκπομπές από τις μετακινήσεις των εργαζομένων (αυτοκίνητα , μέσα μαζικής μεταφοράς, τρένα).

1.1.1 Σταθερές πηγές εκπομπών σε λιμένα

Οι εκπομπές που προέρχονται από τις σταθερές πηγές συμβάλλουν σε μικρό βαθμό στις συνολικές εκπομπές ενός λιμένα [1]. Οι σταθερές πηγές εκπομπών περιλαμβάνουν πηγές που προέρχονται από μία σταθερή, συγκεκριμένη και αναγνωρίσιμη θέση, όπως:

- σταθμούς παραγωγής ενέργειας
- λέβητες
- εφεδρικές γεννήτριες εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν διαδικασίες καύσης

Στις σταθερές εκπομπές αερίων συμπεριλαμβάνονται και οι έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τις καθημερινές λειτουργίες του λιμένα από:

- τις κτιριακές εγκαταστάσεις
- τον φωτισμό
- τον κλιματισμό και τον εξαερισμό,

- τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών
- τα διάφορα ειδικά όργανα που χρησιμοποιούνται
- για τις απαιτήσεις των χώρων ψύξης,
- για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό διακίνησης φορτίου (π.χ. ηλεκτρικοί γερανοί προβλήτα, ηλεκτρικές γερανογέφυρες κ.ά.)
- για την τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων από την ακτή
- λειτουργίες των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται από τους ενοικιαστές των βιομηχανικών και εμπορικών χώρων
- για οποιεσδήποτε άλλες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να έχουν οι τερματικοί σταθμοί και εν γένει η λιμενική περιοχή.

1.2 Εκπομπές αέριων ρύπων πλοίων εντός Λιμένων

Οι δραστηριότητες των πλοίων που είναι υπεύθυνες για εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων είναι:

- Η πλεύση.
 - Η κίνηση εντός του λιμανιού.
 - Οι λειτουργίες κατά την παραμονή στο αγκυροβόλιο όπως ο φωτισμός, η θέρμανση, η ψύξη, ο αερισμός, κλπ., η φόρτωση και εκφόρτωση δεξαμενόπλοιων.
 - Οι εργασίες συντήρησης/ κατασκευής/ διάλυσης των πλοίων, οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε νεώρια τα οποία βρίσκονται συχνά κοντά σε πολλά λιμάνια, είναι επίσης υπεύθυνες για εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, κυρίως σκόνης, σωματιδίων, αερίων (π.χ. από συγκολλήσεις), αερολύματα.
 - Οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από την απολίπανση μετάλλων και τις βαφές. Όσον αφορά τον καθαρισμό της επιφάνειας των σκαφών, την αφαίρεση χρωμάτων, τις αλλαγές των ανοδίων ψευδαργύρου, και τις βαφές, οι κύριες εκπομπές είναι σκόνη (από την αμμοβολή, τη λείανση κλπ.) και διαλύτες, οι οποίοι περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις και επικίνδυνους αέριους ρύπους.
 - Εκπομπές που προέρχονται από την αποτέφρωση αποβλήτων στο πλοίο. Στην περίπτωση αυτή, διοξίνες και άλλα βαρέα μέταλλα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.
 - Τέλος, βασικές τροποποιήσεις των πλοίων παράγουν αμίαντο, βαρέα μέταλλα, υδρογονάνθρακες και ουσίες που καταστρέφουν το όζον.
- Εστιάζοντας στις εκπομπές των πλοίων για τις οποίες καταναλώνεται καύσιμο, διαπιστώνουμε ότι για οικονομικούς λόγους, πολλά πλοία χρησιμοποιούν βαρύ μαζούτ, το οποίο έχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (90% υψηλότερη από τη βενζίνη ή το συμβατικό πετρέλαιο).

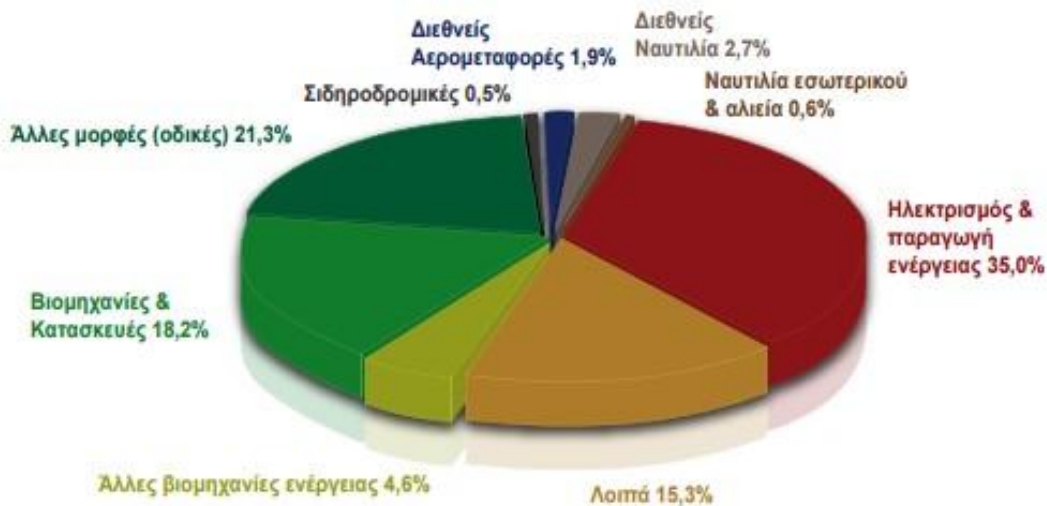
1.3 Εκπομπές κινητήρων πλοίων

Εκπομπές κατά τη λειτουργία των ναυτικών κινητήρων, μπορούν να θεωρηθούν:

- Οξείδια του αζώτου(NO_x)
- Οξείδια του θείου(SO_x)
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
- Σωματίδια(PM)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC προ καύσεως)

Από τα παραπάνω προς το παρόν μόνο τα οξείδια του αζώτου (NO_x), τα οξείδια του θείου (SO_x) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις(VOC), υπόκεινται σε νομοθετικούς περιορισμούς. Όμως, στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και η ναυτιλία έχει μέχρι στιγμής εξαιρεθεί από το πλαίσιο του Κιότο για τα αέρια θερμοκηπίου, είναι σαφές ότι η εποχή αυτή πλησιάζει γρήγορα στο τέλος της, και μέτρα για τον περιορισμό του CO_2 αναζητούνται επείγοντως. Παράλληλα, η ευρύτερη ανάλυση μέτρων για άλλα αέρια θερμοκηπίου (όπως CH_4 και N_2O), καθώς και για αέρια που δεν είναι αέρια του θερμοκηπίου (όπως SO_2 , NO_x) είναι άμεση προτεραιότητα τόσο για τον IMO όσο και για διαφορετικούς φορείς με κανονιστική αρμοδιότητα (Ευρωπαϊκή Ένωση, μεμονωμένα κράτη). Είναι αποδεδειγμένο βάση έρευνας που πραγματοποιήθηκε [2] ότι ένας μονότονος CO_2 , είναι υπεύθυνος για την άνοδο $0.00000000000015^\circ\text{C}$ της θερμοκρασίας παγκοσμίως. Διατηρώντας τις παγκόσμιες εκπομπές στο σημερινό επίπεδο, οι προβλέψεις δείχνουν ότι θα αντιμετωπίσουμε σοβαρές, καταστροφικές απειλές όσον αφορά τη παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Ο συγκριτικός πίνακας εκπομπών CO_2 μεταξύ των διαφορετικών μέσων μεταφοράς[2] παρουσιάζεται στην εικόνα 1-1.



Εικόνα 1-1 Συνεισφορά ναυτιλίας στις παγκόσμιες εκπομπές CO_2 .

1.4 Γενικές επιπτώσεις

Τους ίδιους ρύπους, σε διαφορετικές ποσότητες εκπέμπουν όλοι οι τύποι πλοίων οι οποίοι λειτουργούν με κινητήρες συμβατικών ορυκτών καυσίμων (ντίζελ). Η ποσότητα των αερίων που εκπέμπονται από κινητήρες πλοίων στην ατμόσφαιρα έχει άμεση σχέση με τη συνολική κατανάλωση πετρελαίου, που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το σχήμα της γάστρας, το φορτίο, την τραχύτητα του κύτους, την κατάσταση του κινητήρα, το χρόνο ελιγμών και της παραμονής στο αγκυροβόλιο. Οι βοηθητικές μηχανές συμβάλλουν επίσης στις συνολικές εκπομπές καυσαερίων. Οι εκπομπές των βοηθητικών μηχανών των κρουαζιερόπλοιων είναι ιδιαίτερα σημαντικές, διότι αυτά

έχουν συνεχή ανάγκη για ενέργεια από τις βοηθητικές μηχανές για την κάλυψη των απαιτήσεων φιλοξενίας τόσο στη θάλασσα όσο και στο λιμάνι. Η αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πλοίων παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες λόγω του πλήθους και της ποικιλίας των ρύπων. Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι όμως, είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οξειδίο του αζώτου (NO_x), το μονοξειδίο του άνθρακα (CO), τα αιωρούμενα σωματίδια (PM). Οι εκπομπές αυτές προκαλούν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στον άνθρωπο. Σε αυτές περιλαμβάνονται η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, η αύξηση της οξύτητας των υδάτινων αποδεκτών, η καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος στη στρατόσφαιρα, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μέσω της εντατικοποίησης του φαινομένου του θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές και τέλος το πιο σημαντικό, η έκθεση του ανθρώπου και των οικοσυστημάτων σε επικίνδυνες χημικές ενώσεις. Παρατηρούνται υψηλές εκπομπές αερίων από τη ναυτιλία, που οφείλονται στη καύση καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο, γεγονός που συμβάλλει στη ατμοσφαιρική ρύπανση, στη επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας, βλάπτει το περιβάλλον και κατά συνέπεια τη πολιτιστική κληρονομιά. Παραδοσιακά, τα πλοία δεν υπόκεινται σε έλεγχο των εκπομπών αερίων. Πολλές μετρήσεις όμως, έχουν δείξει ότι ένα μόνο πλοίο συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση, τόσο υψηλά όπως 50 εκατομμύρια οχήματα ετησίως, γεγονός που οδήγησε σε νέες ρυθμίσεις και εντολές σε όλο τον κόσμο με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων που οφείλονται σε πλοία. Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι υπό πίεση για τον έλεγχο και τη μείωση των εκπομπών που παράγονται από το θαλάσσιο εμπόριο. Τα ποσοστά των CO_2 , SO_x , NO_x και PM_2 , που οφείλονται κατά κύριο λόγο στις μηχανές θαλάσσης Diesel, είναι πλέον ένα ζήτημα παγκόσμιας σημασίας και ευαισθητοποίησης και μέτρα για τον περιορισμό του CO_2 αναζητούνται επείγοντως.

Το μονοξειδίο του άνθρακα (CO):είναι ένα άχρωμο χωρίς οσμή αέριο που προέρχεται κυρίως από την ατελή καύση. Η δράση του αερίου αυτού είναι γνωστή από πολλά χρόνια και συνδέεται άμεσα με την αιμοσφαιρίνη του αίματος. Το μονοξειδίο του άνθρακα είναι βλαβερό διότι αφήνει λιγότερη αιμοσφαιρίνη, που χρησιμεύει στη μεταφορά του οξυγόνου. Όταν μία σημαντική ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος, τότε περιορίζεται η δέσμευση του οξυγόνου, με αποτέλεσμα το οξυγόνο που εισέρχεται στους ιστούς, να είναι λιγότερο. Το πρόβλημα αυτό έχει γίνει οξύτερο τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης του αριθμού των αυτοκινήτων. Σε περιπτώσεις όπως της θερμοκρασιακής αναστροφής όπου εμφανίζεται το "νέφος", οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται σημαντικά με συνέπεια τους συχνούς πονοκεφάλους. Οι περιπτώσεις αυτές γίνονται εντονότερες σε άτομα που έχουν κάποια αναιμία. Οι καπνιστές επίσης, παρουσιάζουν αυξημένους πονοκεφάλους. Από τη φύση του το μονοξειδίο του άνθρακα δεν έχει αθροιστικές ιδιότητες, δηλαδή δεν συσσωρεύεται στα ανθρώπινα όργανα. Παρόλα αυτά η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι δυνατόν να έχει δηλητηριώδη επίδραση.

Το διοξείδιο του θείου (SO₂):αποτελεί ένα άχρωμο αέριο με ερεθιστική οσμή. Μπορεί να το γευθεί κανείς σε μεγάλες συγκεντρώσεις (0.5-1.0ppm). Επίσης, οξειδώνεται με φωτοχημική ή καταλυτική διαδικασία σε τριοξείδιο του θείου, το οποίο απορροφώντας την ατμοσφαιρική υγρασία, σχηματίζει θειικό οξύ το οποίο και καταλήγει στο έδαφος. Οι κυριότερες ανθρωπογενείς διαδικασίες παραγωγής διοξειδίου του θείου και άλλων θειικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα είναι: η κατανάλωση καυσίμων, άνθρακα και

πετρελαίου, η διύλιση πετρελαίου, η επεξεργασία μη-σιδηρούχων ορυκτών (Cu, Pb, Zn θεικών μετάλλων), η καύση ξύλου και η παραγωγή H_2SO_4 . Τα οξείδια του θείου ερεθίζουν το αναπνευστικό σύστημα και προκαλούν μείωση ορατότητας. Επιπλέον προκαλεί σοβαρές βλάβες στον φυτικό κόσμο μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των αγροτικών περιοχών. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα οξείδια του θείου είναι υπεύθυνα για την καταστροφή των μνημείων καθώς προκαλούν διάβρωση των τεχνικών υλικών τους. Είναι επιπλέον υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για την διάβρωση της ίδιας της μηχανής. Μελέτες των παγκοσμίων εκπομπών του SO_2 δείχνουν ότι το 16% του αερομεταφερόμενου θείου προέρχεται από την καύση καυσίμων όπως το πετρέλαιο και ο ορυκτός άνθρακας.

Ο μόλυβδος (Pb):είναι τοξικό μέταλλο που η ύπαρξη του στον αέρα αποτελεί πραγματικό κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Η κύρια πηγή του μολύβδου στον αέρα είναι η χρησιμοποίηση βενζίνης με μόλυβδο στους κινητήρες Otto, σε αναλογία 0,5g Pb ανά λίτρο βενζίνης. Ενώσεις τετραμεθυλιούχου και τετραεθυλιούχου μολύβδου προστίθενται στην βενζίνη για την αύξηση των οκτανίων της, ώστε να επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης ισχύος του κινητήρα και η βέλτιστη λειτουργία του. Ο μόλυβδος δεν είναι απαραίτητος στην βενζίνη αλλά προτιμάται, επειδή είναι πιο οικονομικός από 18 άλλα μέσα που ανεβάζουν τον αριθμό των οκτανίων. Ο μόλυβδος εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό είτε μέσω της αναπνοής είτε μέσω της τροφικής αλυσίδας. Στην συνέχεια διαλύεται στο αίμα και καταλήγει σε διάφορα όργανα και κυρίως στα οστά όπου και συσσωρεύεται. Επιπλέον επιδρά στην καρδιά και στο νεφρικό σύστημα. Η οξεία δηλητηρίαση από μόλυβδο προκαλεί κώμα και ακόμα και θάνατο. Περίπου το 3% κατά βάρος των αιωρούμενων σωματιδίων στις μεγάλες πόλεις αποτελείται από άλατα μολύβδου.

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x):παράγονται κατά την ατελή καύση ορυκτών καυσίμων. Η κύρια ένωση του αζώτου που περιέχεται στα καυσαέρια είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO) αλλά και το διοξείδιο (NO_2) σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Κατά την καύση η ποσότητα παραγόμενου NO_2 είναι ελάχιστη όμως η τελική ποσότητα αυξάνεται λόγω της οξειδωσης που υφίσταται μέρος του NO προς τον σχηματισμό NO_2 . Από τις δύο αυτές ενώσεις μόνο το NO_2 θεωρείται τοξικό στις συνήθεις συγκεντρώσεις. Έχει έντονη μυρωδιά και κόκκινο-καφέ χρώμα και ερεθίζει τα μάτια, τη μύτη, το βρογχικό σύστημα και τους πνεύμονες. Όταν έρθει σε επαφή με υγρασία, είτε στον αέρα είτε στο ανθρώπινο σώμα, σχηματίζει το εξαιρετικά διαβρωτικό νιτρικό οξύ. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία της καύσης τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα οξειδίου του αζώτου που σχηματίζεται. Τα οξείδια του αζώτου συμμετέχουν στην εμφάνιση ποικιλίας αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, όπως οι σημαντικές αλλαγές στη σύσταση ορισμένων ειδών βλάστησης υδροβιοτόπων και χερσαίων εκτάσεων, η εμφάνιση της όξινης βροχής, η όξυνση και ο ευτροφισμός γλυκών υδάτων, η μειωμένη ορατότητα, η αύξηση επιπέδων τοξινών διαφόρων ειδών ψαριών και άλλων υδρόβιων ζώων, κ.ά.

Οι υδρογονάνθρακες (HC): προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου-λαδιού και την εξάτμιση του καυσίμου. Έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου-καρκινογενέσεις αλλά και στο περιβάλλον με την δημιουργία νέφους. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης, καθώς υπάρχει έλλειψη αέρα και διαχωρισμός των διοξειδίων του άνθρακα, είναι εξαιρετικά τοξικό σε μεγάλη

συγκέντρωση. Λόγω της περίσσειας αέρα στις δίχρονες ναυτικές μηχανές οι εκπομπές μονοξειδίου είναι πολύ μικρές.

Τα αιωρούμενα σωματίδια καπνού (PM): αποτελούν ένα ιδιαίτερα σύνθετο ρύπο καθώς παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, στην χημική σύσταση και στο σχήμα τους. Συνήθως τα σωματίδια καπνού αποτελούνται από αιθάλη, οξείδια μετάλλων, καθώς και θειικά άλατα, όλα προερχόμενα από την ατελή καύση του καυσίμου ή από τις ακαθαρσίες στα καύσιμα και στα λιπαντικά u960 που χρησιμοποιούνται. Το μέγεθος τους δεν είναι συγκεκριμένο, αλλά έχουν διάμετρο μικρότερη από 10μm. Τα αιωρούμενα σωματίδια εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων. Η συνεχής έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλει στη δημιουργία χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων και μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο πρόωρου θανάτου. Διάφορες μελέτες συνδέουν τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων με τις αυξημένες εισαγωγές στα νοσοκομεία και ειδικότερα με τον αριθμό των επισκέψεων στα Τμήματα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ). Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι είναι οι ομάδες υψηλού κινδύνου, ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

1.5 Εκπομπές ρύπων από κρουαζιερόπλοια

Τα κρουαζιερόπλοια είναι τα πλοία εκείνα που εκπέμπουν τους περισσότερους ρύπους κατά την παραμονή τους στα λιμάνια καθώς πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες πληρώματος και επιβατών και για το λόγο αυτό είναι εξοπλισμένα με βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας ή βοηθητικούς κινητήρες που κατά τη λειτουργία τους εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αέριων ρύπων. Τα κρουαζιερόπλοια διαφέρουν μεταξύ τους στο μέγεθος, την ισχύ των κινητήρων και στις διατάξεις των συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας, αλλά έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε βοηθητική ενέργεια. Μπορεί να μεταφέρουν πάνω από 3.500 επιβάτες και να διαθέτουν 1.300 προσωπικό πληρώματος. Τα νέα κρουαζιερόπλοια διαθέτουν υβριδικά συστήματα ηλεκτρικών ντίζελ κινητήρων και τουρμπίνων για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ τα παλιότερα μπορεί να διαθέτουν και άλλα συστήματα κινητήρων.

Τα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας ή βοηθητικοί κινητήρες προσφέρουν την απαραίτητη ενέργεια που χρειάζεται το πλοίο και το πλήρωμα εκτός από αυτήν που χρησιμοποιείται για τα συστήματα πρόωσης. Η απαιτούμενη αυτή συμπληρωματική ενέργεια εξαρτάται από τους διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας του πλοίου. Τα βοηθητικά συστήματα έχουν σχεδιαστεί επίσης με την πρόσθετη ικανότητα για την περίπτωση όπου κάποιος κινητήρας σταματήσει να λειτουργεί λόγω μηχανικής βλάβης. Έχουν δηλαδή και εφεδρικό ρόλο για την παραγωγή και τροφοδότηση ενέργειας των συστημάτων πρόωσης. Πλοία που έχουν συστήματα πρόωσης άμεσης κίνησης και συστήματα με μειωτήρες στροφών χρησιμοποιούν βοηθητικούς κινητήρες μόνο που η ενέργεια που παράγεται καταλήγει για τις χρήσεις που απαιτούν ενέργεια στο πλοίο, το φορτίο και το πλήρωμα. Τα πλοία που έχουν ήδη ένα υβριδικό σύστημα πρόωσης χρησιμοποιούν το ίδιο και για τις υπόλοιπες απαιτήσεις ενέργειας πέρα από αυτή για την κίνηση της έλικας. Επίσης υπάρχουν πλοία που διαθέτουν μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής ατμού όπου χρησιμοποιούν ατμοστρόβιλους για να παράγουν την

επιπρόσθετη συμπληρωματική απαίτηση σε ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα η απαίτηση αυτή σε συμπληρωματική ενέργεια προορίζεται για συστήματα πλοήγησης και τηλεπικοινωνιών, για φωτισμό, ψυγεία, συστήματα κλιματισμού και εξαερισμού, για τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, για τις ανέσεις του πληρώματος και γενική υποστήριξη. Επίσης τροφοδοτούν και τα συστήματα φυσητήρων, προωθητήρων και έναρξης των κύριων κινητήρων πρόωσης.

Σκοπός της εργασίας είναι η απευθείας τροφοδότηση με ενέργεια τέτοιων τύπων πλοίων μέσω ΑΠΕ, και πιο συγκεκριμένα με ενέργεια που παράγουν αιολικά πάρκα, με την ταυτόχρονη απενεργοποίηση κάθε είδους βοηθητικών συστημάτων που βρίσκονται πάνω στο πλοίο και είναι επιβλαβές προς το περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στο πρόγραμμα HOMER που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία, τη χρήση, τον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος και τον τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων.



2 Γενικά για το λογισμικό HOMER

Το HOMER είναι ένα εργαλείο σχεδίασης συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος ενέργειας πρέπει να παρθούν πολλές αποφάσεις σχετικά με τη διαμόρφωση του συστήματος, τις διατάξεις που συμπεριλαμβάνει, την ποσότητα και το μέγεθος τους, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται και τη διαθεσιμότητα των πόρων που απαιτείται κάθε φορά για την παροχής ενέργειας. Για όλες αυτές τις αποφάσεις το HOMER αξιολογεί πολλές πιθανές διαμορφώσεις του συστήματος βοηθώντας να παρθούν οι σωστές αποφάσεις.

2.1 ΧΡΗΣΗ

Κατά τη χρήση του προγράμματος εισάγονται δεδομένα από το χρήστη που περιγράφουν την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το κόστος των διατάξεων και τη διαθεσιμότητα του πόρου. Το HOMER χρησιμοποιεί τα δεδομένα αυτά για να προσομοιώσει διάφορα συστήματα, ή συνδυασμό τους, και εξάγει τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζει σε μια λίστα εφικτών διαμορφώσεων ταξινομημένα ως προς το κόστος. Επίσης το HOMER απεικονίζει τα προσομοιωμένα αποτελεσμάτων σε μια ποικιλία πινάκων και γραφικών που βοηθούν στη σύγκριση των διαμορφώσεων και στην αξιολόγησή τους σε οικονομική και τεχνική αξία.

2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Το HOMER προσομοιώνει συστήματα κάνοντας υπολογισμούς του ενεργειακού ισοζυγίου για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του χρόνου. Για κάθε ώρα συγκρίνει την ηλεκτρική ζήτηση με την ενέργεια που μπορεί να παρέχει στην ώρα αυτή, και υπολογίζει τις ροές ενέργειας προς και από κάθε εξάρτημα του συστήματος. Για συστήματα που περιλαμβάνουν μπαταρίες ή γεννήτριες πετρελαίου, το HOMER επίσης αποφασίζει για

κάθε ώρα τον τρόπο λειτουργίας των γεννητριών και την φόρτιση η την εκφόρτιση των μπαταριών. Το HOMER εκτελεί τον υπολογισμό του ισοζυγίου ενέργειας για κάθε διαμόρφωση συστήματος που θέλουμε να εξετάσουμε. Στη συνέχεια καθορίζει αν μια διαμόρφωση είναι εφικτή, δηλαδή, αν μπορεί να ανταποκριθεί στην ηλεκτρική ζήτηση υπό τις συνθήκες που του προσδιορίσαμε, και εκτιμά το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος. Στον οικονομικό προϋπολογισμό του συστήματος περιλαμβάνονται έξοδα αντικατάστασης τεχνολογικού εξοπλισμού, λειτουργίας και συντήρησης εξαρτημάτων, καύσιμα, και τόκοι.

Optimization: Αφού προσομοιώσει όλα τα εφικτά συστήματα, το HOMER παρουσιάζει μια λίστα τους, ταξινομημένη ως προς το οικονομικό κόστος (ή κόστος κύκλου ζωής) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το χρήστη για τη σύγκριση και την επιλογή του κατάλληλου σχεδιασμού του συστήματος.

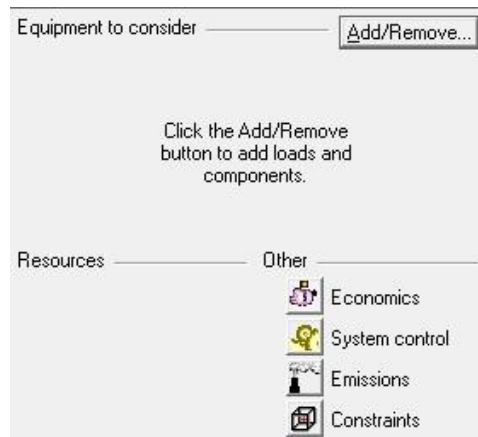
Sensitivity Analysis: Όταν ο χρήστης ορίσει "ευαίσθητες" μεταβλητές (μεταβαλλόμενες μεταβλητές σε ένα φάσμα τιμών που ορίζεται από τον χρήστη) ως εισόδους, το HOMER επαναλαμβάνει τη διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε μια μεταβλητή που του έχει προσδιορίσει. Για παράδειγμα, αν έχει ορίσει την ταχύτητα του ανέμου ως "ευαίσθητη" μεταβλητή, το HOMER θα προσομοιώσει συστήματα σε όλο ο φάσμα τιμών της ταχύτητας του ανέμου που ορίστηκε από το χρήστη.

2.3 Παρουσίαση προγράμματος HOMER 2

2.3.1 Δημιουργία αρχείου HOMER

Ένα αρχείο HOMER περιέχει όλες τις πληροφορίες για τις τεχνολογικές επιλογές, τα κόστη των διατάξεων και τους πόρους που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την σχεδίαση ενεργειακών συστημάτων. Το αρχείο HOMER περιέχει επίσης αποτελέσματα όλων των υπολογισμών που κάνει το HOMER ως μέρος της βελτιστοποίησης και ανάλυσης της διαδικασίας. Τα αρχεία HOMER έχουν την κατάληξη .hmr , παραδείγματος χάρη WindVsDiesel.hmr.

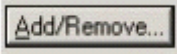
Για τη δημιουργία ενός καινούργιου αρχείου HOMER επιλέγουμε newfile. Το HOMER απεικονίζει ένα κενό σχηματικό στο κυρίως παράθυρο.



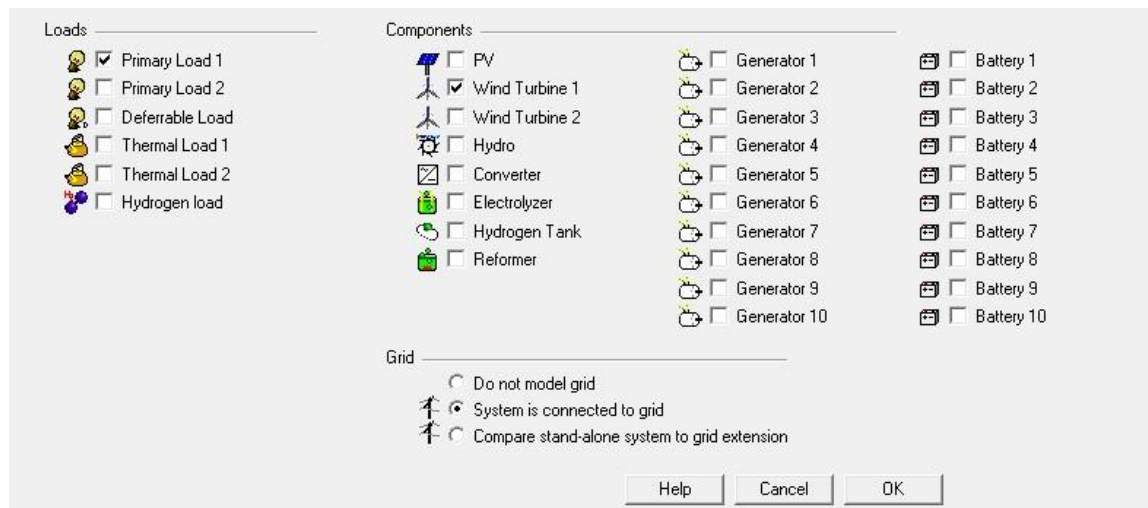
Εικόνα 2-1 Απεικόνιση διάταξης.

2.3.2 Δημιουργία σχηματικού

Το HOMER συγκρίνει πολλαπλές τεχνολογικές επιλογές για τη σχεδίαση ενός ενεργειακού συστήματος. Το σχηματικό παρουσιάζει όλες τις τεχνολογικές επιλογές που θέλουμε να εξετάσει το HOMER. Η δημιουργία του σχηματικού γίνεται για να δώσουμε στο HOMER πληροφορίες σχετικά με τα εξαρτήματα που θα εξετάσει. Το σχηματικό μπορεί να περιλαμβάνει εξαρτήματα που δεν συμπεριλαμβάνονται στη βέλτιστη σχεδίαση.

Επιλέγουμε Add/Remove  για να διαλέξουμε τα εξαρτήματα που θέλουμε να εξετάσει το HOMER.

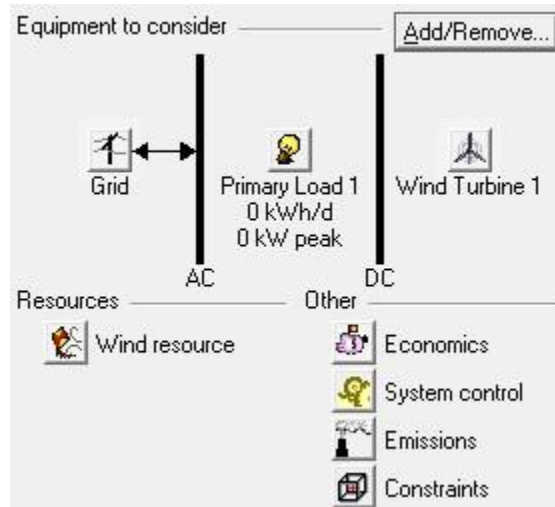
Επιλέγουμε Primary Load 1, Wind Turbine 1 και σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο.



Εικόνα 2-2 Επιλογή διατάξεων.

Επιλέγουμε OK για επιστροφή στο κύριο παράθυρο.


Το HOMER στο σχηματικό που παρουσιάζει το φορτίο και τα εξαρτήματα (Wind turbine). Στο πεδίο Resource το HOMER απεικονίζει τους πόρους που θα χρησιμοποιήσει το κάθε εξάρτημα. Στην περίπτωση μας, εμφανίζεται ένα κουμπί για τους πόρους του ανέμου.

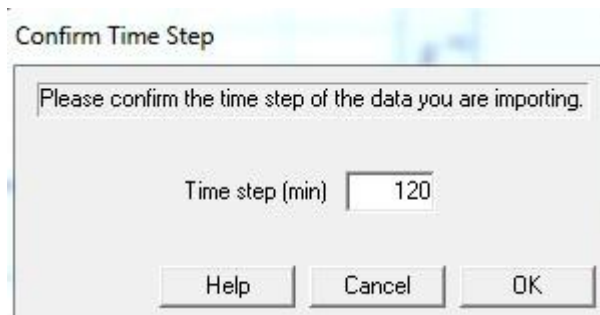


Εικόνα 2-3 Απεικόνιση διάταξης.

2.3.3 Εισαγωγή φορτίου

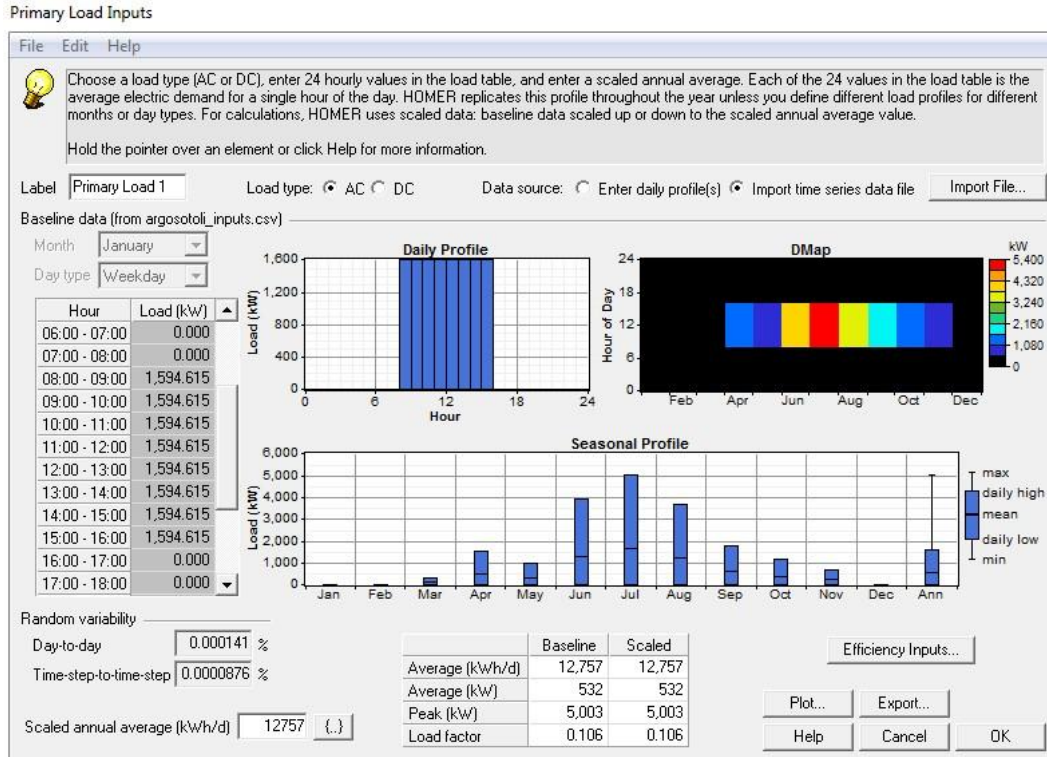
Το φορτίο είναι είσοδος για τις προσομοιώσεις του HOMER. Η είσοδος του φορτίου περιγράφει την ηλεκτρική ζήτηση που πρέπει να παρέχει το σύστημα. Επιλέγουμε

PrimaryLoad 1  στο σχηματικό για την εισαγωγή του φορτίου. Κατά την εισαγωγή του φορτίου το HOMER δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να κατανείμει την ενεργειακή ζήτηση κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους εισάγοντας τιμές με βήμα σε λεπτά. Ο πίνακας τιμών που περιγράφει τη ζήτηση φορτίου για ολόκληρο το έτος μπορεί να εισαχθεί από αρχείο τύπου CSV. Στην συγκεκριμένη μελέτη έχουμε καθορίσει την ισόποση κατανομή του στο διάστημα της μέρας μεταξύ 8:00 και 16:00 ανά δίωρο. Το HOMER κατά την εισαγωγή του φορτίου ζητάει πάντα από τον χρήστη να ορίσει το κατάλληλο βήμα (timestep) με βάσει το οποίο δημιουργήθηκε το συγκεκριμένο αρχείο. Έτσι λοιπόν εισάγουμε την τιμή 120.



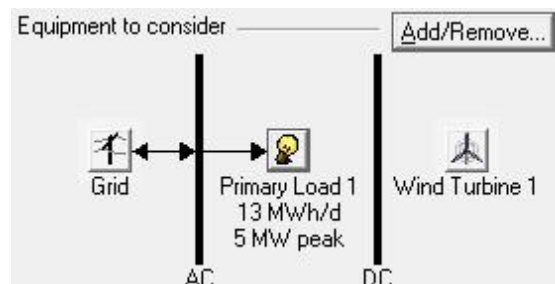
Εικόνα 2-4 Εισαγωγή βήματος.

Το HOMER απεικονίζει το καθημερινό φορτίο σε πίνακα και γραφικά (εικόνα 2-5).



Εικόνα 2-5 Ηλεκτρικό φορτίο.


Στο σχηματικό παρατηρούμε την γραμμή που ενώνει πλέον το ηλεκτρικό φορτίο με την τάση AC και δείχνει την κατεύθυνση ροής της ενέργειας.

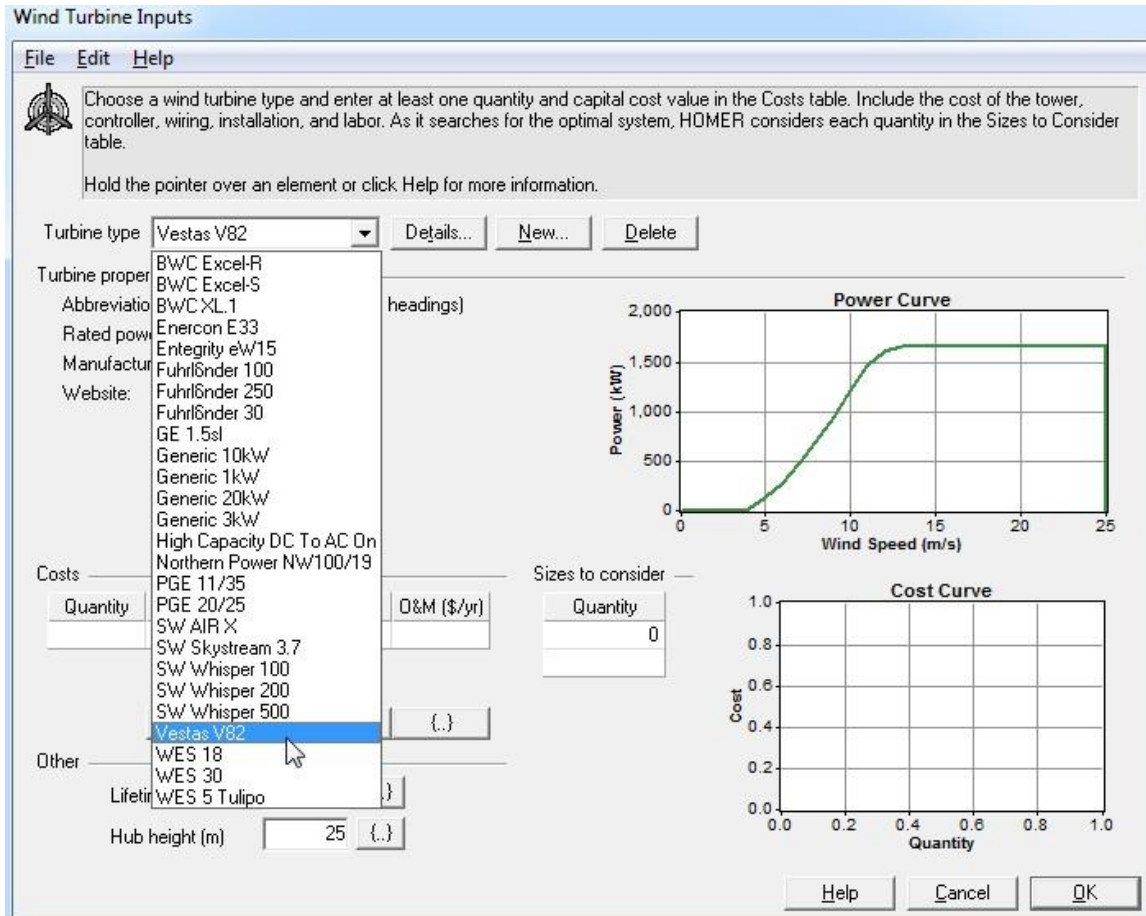


Εικόνα 2-6 Νέα απεικόνιση διάταξης.

2.3.4 Εισαγωγή εξαρτημάτων

Οι εισοδοί των εξαρτημάτων περιγράφουν τις τεχνολογικές διατάξεις, τα κόστη τους, το μέγεθος και τον αριθμό του κάθε εξαρτήματος που θα χρησιμοποιήσει το HOMER για

την προσομοίωση. Επιλέγουμε WindTurbine 1  στο σχηματικό για την εισαγωγή εισόδων της ανεμογεννήτριας. Στην Turbinetypelist, έχουμε επιλέξει την ανεμογεννήτρια Vestas V82. Το HOMER απεικονίζει την χαρακτηριστική καμπύλη ενέργειας της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας. Παρατηρούμε ότι η ονομαστική ισχύς της Vestas V82 είναι 1650 kW AC.



Εικόνα 2-7 Επιλογή ανεμογεννήτριας.

Στον πίνακα με τα κόστη έχουμε επιλέξει: Quantity (Ποσότητα) 1, Capital (Κεφάλαιο) 500, replacement (αντικατάσταση) 500, O&M (λειτουργία και συντήρηση) 20.

Costs			
Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	500	500	20

Εικόνα 2-8 Επιλογή κόστους.

Σημειώνουμε ότι το πεδίο O&M σημαίνει λειτουργία και συντήρηση (operation and maintenance). Αυτό σημαίνει ότι αρχικά η εγκατάσταση κοστίζει \$500 per kW, η αντικατάσταση της ανεμογεννήτριας θα κοστίζει \$500 και τέλος θα κοστίζει \$20 το χρόνο για κάθε kW για λειτουργία και συντήρηση. Στο πεδίο sizes to consider εισάγουμε τις τιμές 44,263,264,265.


Quantity
44
263
264
265

Εικόνα 2-9 Αριθμός ανεμογεννητριών.

2.3.5 Εισαγωγή λεπτομερειών πόρων

Οι εισοδοί των πόρων περιγράφουν την διαθεσιμότητα του για κάθε ώρα του χρόνου.

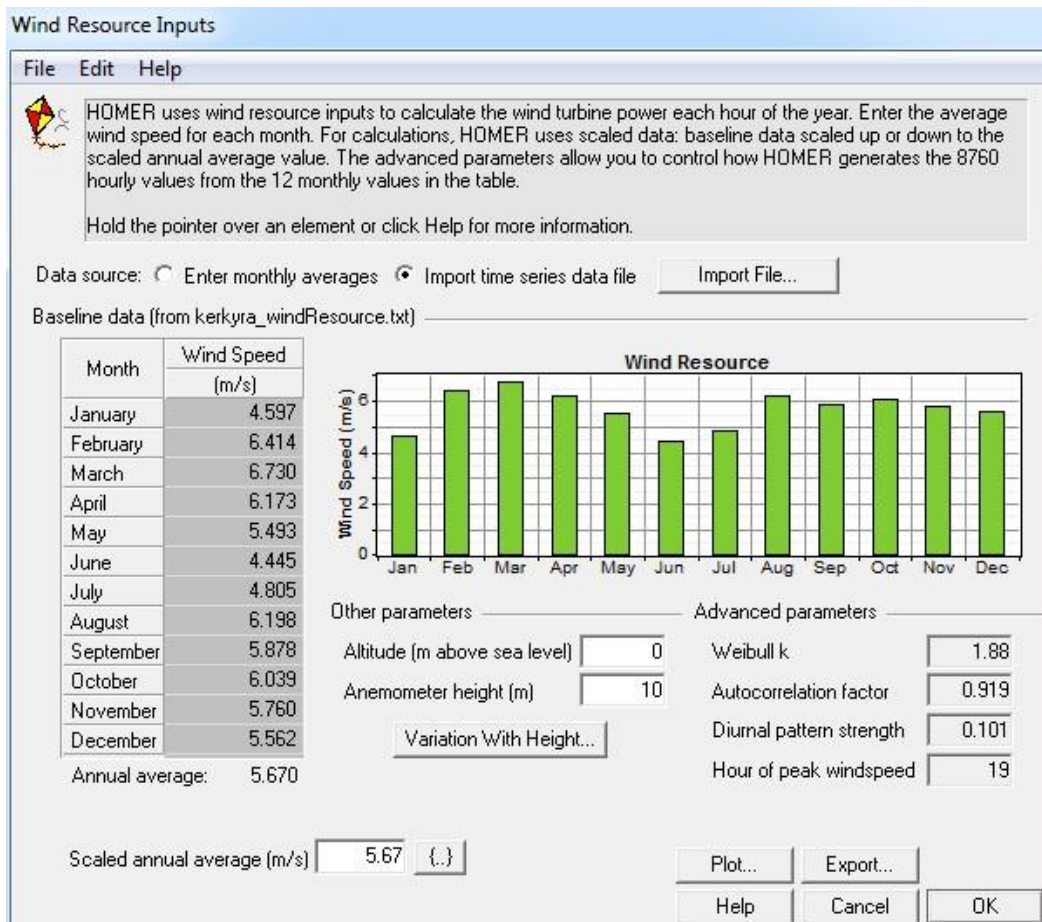
Τα ανεμολογικά δεδομένα μπορούν να εισαχθούν και μέσω αρχείου. Επιλέγουμε

Windresource  για να ανοίξει το παράθυρο με τα ανεμολογικά δεδομένα. Κάνουμε import (εισαγωγή) το αρχείο με τα δεδομένα.



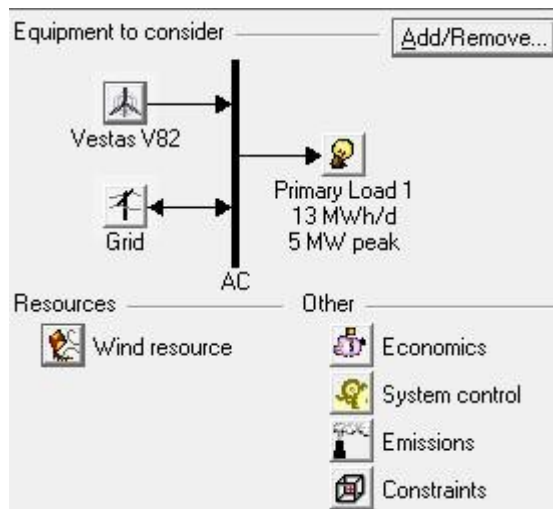
Εικόνα 2-10

Τα βασικά στοιχεία είναι ένα σετ από 8760 τιμές ανέμου που περιγράφουν τα ανεμολογικά δεδομένα για ένα ολόκληρο χρόνο(2014). Στο παράθυρο αυτό παρατηρούμε την τιμή για τον ετήσιο μέσο όρο της ταχύτητας του ανέμου και την αντίστοιχη κλίμακα (Annualaverage,Scaledannualaverage).



Εικόνα 2-11 Ανεμολογικά δεδομένα.

Επιλέγουμε OK για επιστροφή στο κυρίως παράθυρο. Πλέον έχουμε τελειώσει με την εισαγωγή των δεδομένων και το σχηματικό μας παίρνει την τελική του μορφή.

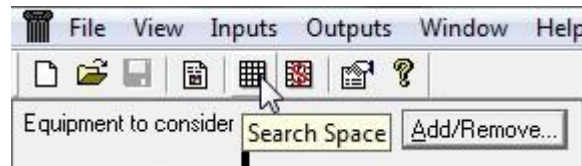


Εικόνα 2-12 Τελική απεικόνιση διάταξης.

2.3.6 Επεξεργασία αποτελεσμάτων

Στο Mainwindowtoolbar, επιλέγουμε SearchSpace για να εμφανιστούν οι

βελτιστοποιημένες μεταβλητές.



Εικόνα 2-13


Ο πίνακας που εμφανίζεται περιέχει όλες μεταβλητές (sizestoconsider) που εισάγαμε. Σε αυτό το πεδίο μπορούμε να εισάγουμε επιπλέον μεταβλητές ή να διαγράψουμε κάποιες από αυτές.

	V82	Grid
	(Quantity)	(kW)
1	44	1,000.000
2	263	
3	264	
4	265	
5		

Εικόνα 2-14

Εξέταση των αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης.

Το HOMER προσομοιώνει όλους τους συνδυασμούς των εξαρτημάτων που εισάγαμε και απορρίπτει από τα αποτελέσματα όλα τα ανέφικτα συστήματα. Στην περίπτωση μας

έχουμε μόνο ανεμογεννήτριες. Επιλέγουμε Calculate  για να αρχίσει η προσομοίωση. Όταν το HOMER τελειώσει την προσομοίωση επιλέγουμε OptimizationResultstab και click Overall για να εμφανιστεί ο πίνακας με όλα τα εφικτά συστήματα.

Sensitivity Results		Optimization Results						
Double click on a system below for simulation results.								
	V82	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Fac.	Capacity Shortage
	264	1000	\$ 132,000	-293,550	\$ -3,620,957	-0.073	1.00	0.21
	265	1000	\$ 132,500	-293,589	\$ -3,620,552	-0.073	1.00	0.21
	263	1000	\$ 131,500	-293,509	\$ -3,620,531	-0.073	1.00	0.21
	44	1000	\$ 22,000	-260,459	\$ -3,307,540	-0.071	1.00	0.27

Εικόνα 2-15 Προσομοίωση αποτελεσμάτων.

Στη λίστα εμφανίζονται 4 συστήματα τα οποία εξετάστηκαν και είναι εφικτά να δημιουργηθούν. Τα αποτελέσματα είναι κατηγοριοποιημένα με βάση από το αποδοτικότερο οικονομικά στο λιγότερο αποδοτικό. Για να δούμε λεπτομέρειες του αποδοτικότερου συστήματος επιλέγουμε την σειρά που μας ενδιαφέρει.

Double click on a system below for simulation results.

	V82	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage
	264	1000	\$ 132,000	-293,550	\$ -3,620,557	-0.073	1.00	0.21
	265	1000	\$ 132,500	-293,589	\$ -3,620,552	-0.073	1.00	0.21
	263	1000	\$ 131,500	-293,509	\$ -3,620,531	-0.073	1.00	0.21
	44	1000	\$ 22,000	-260,459	\$ -3,307,540	-0.071	1.00	0.27

Εικόνα 2-16 Λίστα εφικτών προσομοιώσεων.

Στο παράθυρο SimulationResults που εμφανίζεται, μπορούμε να δούμε πολλές τεχνικές και οικονομικές λεπτομέρειες για κάθε σύστημα που προσομοιώνει το HOMER. Στο Electricaltab παρατηρούμε ότι το 99,1 της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει το σύστημα είναι πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας ή ενέργεια που δεν χρησιμοποιείται από το σύστημα και πρόκειται να χαθεί. Αυτό σημαίνει πως το σύστημα που έχουμε δημιουργήσει σε συνδυασμό με τα ανεμολογικά δεδομένα που εισάγαμε παράγει πολύ μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ενέργεια και έτσι περισσεύει ένα μεγάλο ποσό ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς ή να διατεθεί στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.



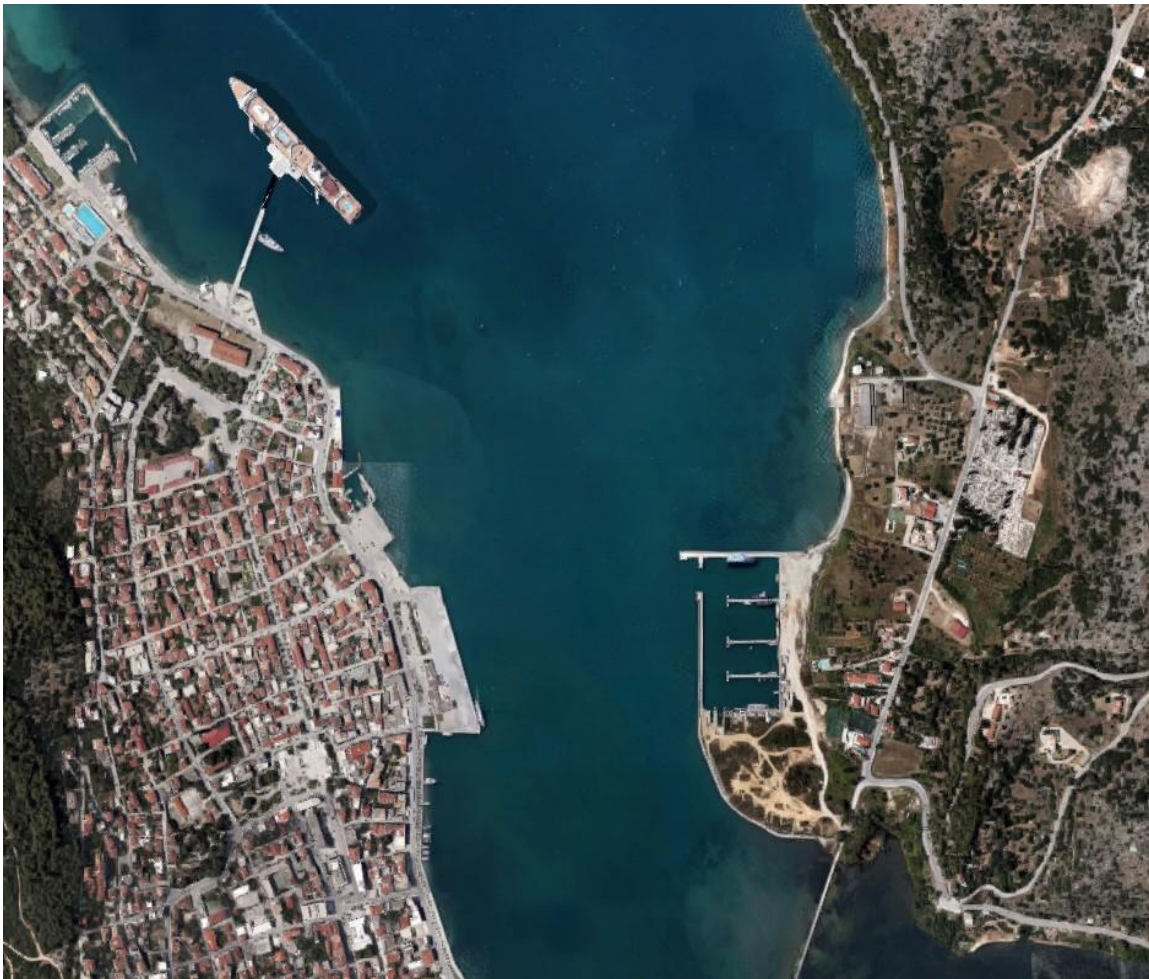
Εικόνα 2-17 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΙΜΕΝΑ ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται χρήση του προγράμματος HOMER με πραγματικά δεδομένα για την ηλεκτροδότηση των κρουαζιερόπλοιων που αγκυροβόλησαν στο λιμάνι του Αργοστολίου κατά το έτος 2014. Η παροχή ενέργειας προέρχεται από τα αιολικά πάρκα που βρίσκονται εγκατεστημένα στο νησί, γίνεται εισαγωγή των ανεμολογικών δεδομένων για κάθε ώρα του συγκεκριμένου έτους ενώ έχει υπολογιστεί επίσης η ισχύς που καταναλώθηκε από όλα τα κρουαζιερόπλοια που επισκέφτηκαν το συγκεκριμένο λιμάνι.

3. Αναλυτική παρουσίαση ηλεκτροδότησης κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Αργοστολίου κατά το έτος 2014



Εικόνα 3-1 Λιμάνι Αργοστολίου[24].

Η Κεφαλονιά βρίσκεται δυτικά της ηπειρωτικής Ελλάδας στο Ιόνιο Πέλαγος. Μαζί με την Ιθάκη υπάγονται στο νομό Κεφαλληνίας και Ιθάκης και στην Περιφέρεια Ιονίων Νήσων. Το Αργοστόλι είναι η πρωτεύουσα του Νομού όπου βρίσκεται και το

μεγαλύτερο λιμάνι του νησιού, ένα από τα ελάχιστα φυσικά λιμάνια σε ολόκληρη την Μεσόγειο λόγω του φυσικού κόλπου που υπάρχει. Είναι εξοπλισμένο με τις κατάλληλες υποδομές υποδοχής κρουαζιερόπλοιων, διαθέτει προβλήτα μήκους 160,4 μέτρων που μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα μέχρι ένα κρουαζιερόπλοιο ενώ στα αγκυροβόλια του λιμένα μπορούν να προσδεθούν μέχρι τρία κρουαζιερόπλοια. Η Κεφαλονιά έχει επίσης έξι μικρότερα λιμάνια σε δύο εκ των οποίων αγκυροβολούν κρουαζιερόπλοια (λιμάνια Σάμης και Φισκάρδου)[14].

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικός πίνακας με τα κρουαζιερόπλοια που προσέγγισαν το λιμάνι του Αργοστολίου.

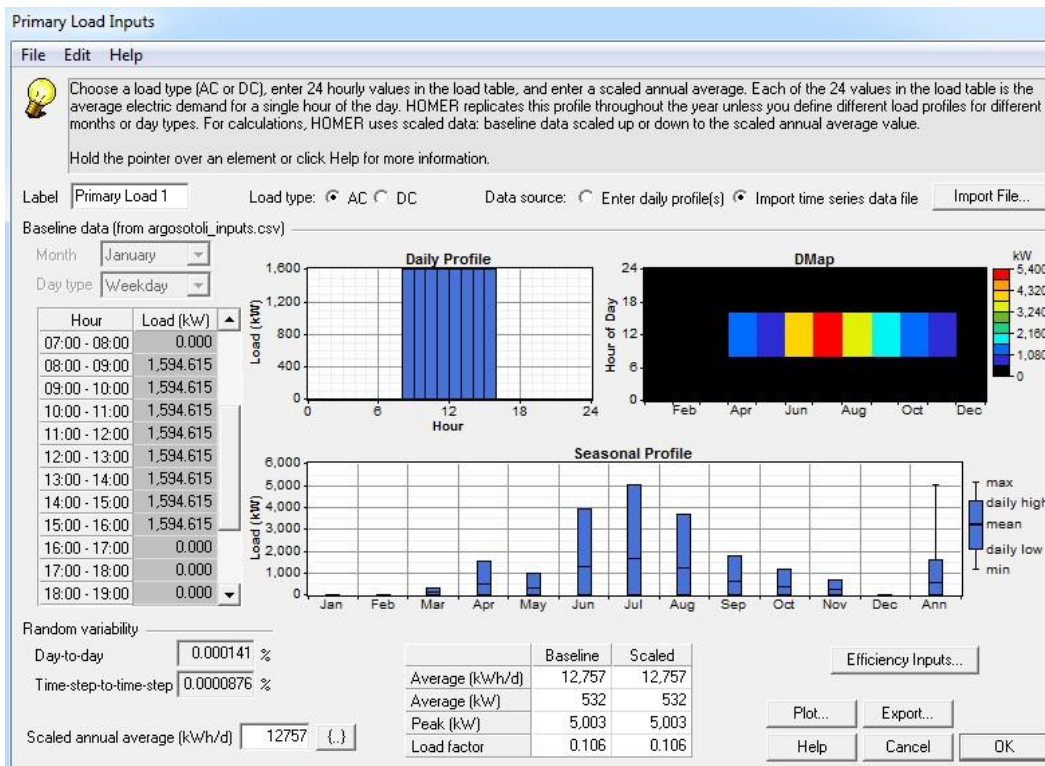
ΜΗΝΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΩΡΕΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ	ΙΣΧΥΣ ΠΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΗΚΕ (kW)
Ιανουάριος	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0
Μάρτιος	2	16	37572.672
Απρίλιος	6	42	183290.94
Μάιος	6	33	120276.18
Ιούνιος	9	55	468835.32
Ιούλιος	10	71	620410.44
Αύγουστος	7	44	457627.8
Σεπτέμβριος	9	59	213589.3
Οκτώβριος	6	42	144710.97
Νοέμβριος	4	27	81796.5
Δεκέμβριος	0	0	0

Πίνακας 3-1 Αριθμός προσεγγίσεων κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι του Αργοστολίου, ώρες παραμονής τους σε αυτό και ισχύς που καταναλώθηκε.

3.1 Εισαγωγή δεδομένων

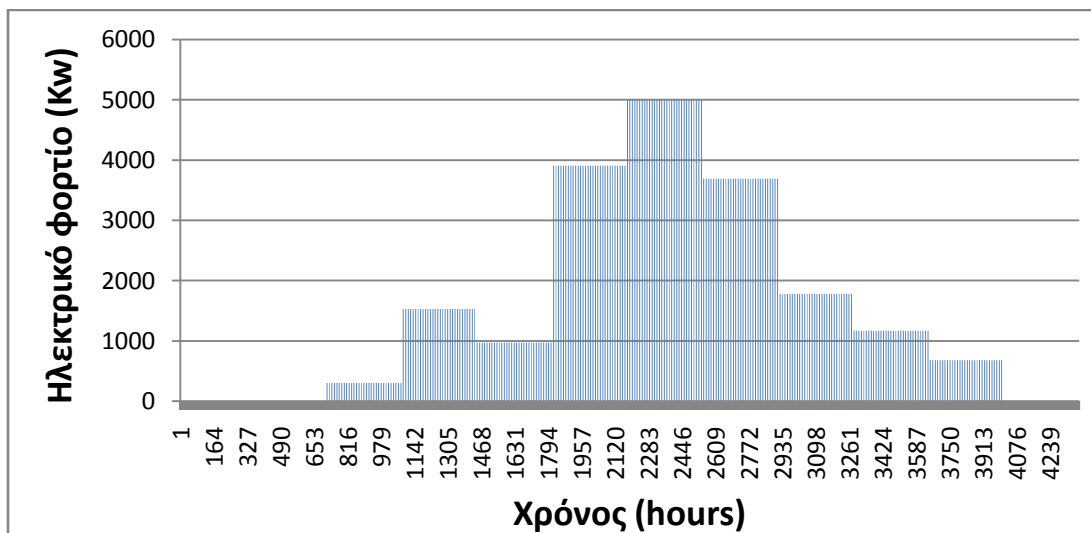
3.1.1 Εισαγωγή φορτίου

Η εισαγωγή του φορτίου στο πρόγραμμα HOMER έγινε με το σενάριο ότι όλα τα κρουαζιερόπλοια παραμένουν στο λιμάνι στο χρονικό διάστημα 8:00 - 16:00 και ότι το συνολικό φορτίο που καταναλώνουν είναι ισοκατανεμημένο ανά ώρα στο χρόνο αυτό.



Εικόνα 3-2 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

Στην εικόνα 3-2 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που καταναλώθηκε για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 3-3 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

Η εικόνα 3-3 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

3.1.2 Εισαγωγή ανεμογεννητριών και ανεμολογικών δεδομένων

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούμε είναι τύπου Vestas V82 με ονομαστική ισχύ 1650 kW και χαρακτηριστική:



Εικόνα 3-4 Χαρακτηριστική ανεμογεννήτριας Vestas V82.

Τα ανεμολογικά δεδομένα που εισαγάγαμε είναι από την ιστοσελίδα www.meteo.gr/meteorplus/climatic.cfm

Wind Resource Inputs

File Edit Help

HOMER uses wind resource inputs to calculate the wind turbine power each hour of the year. Enter the average wind speed for each month. For calculations, HOMER uses scaled data: baseline data scaled up or down to the scaled annual average value. The advanced parameters allow you to control how HOMER generates the 8760 hourly values from the 12 monthly values in the table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Data source: Enter monthly averages Import time series data file

Baseline data (from kerkyra_windResource.txt)

Month	Wind Speed (m/s)
January	4.597
February	6.414
March	6.730
April	6.173
May	5.493
June	4.445
July	4.805
August	6.198
September	5.878
October	6.039
November	5.760
December	5.562
Annual average:	5.670

Wind Resource

Other parameters: Altitude (m above sea level) Anemometer height (m)

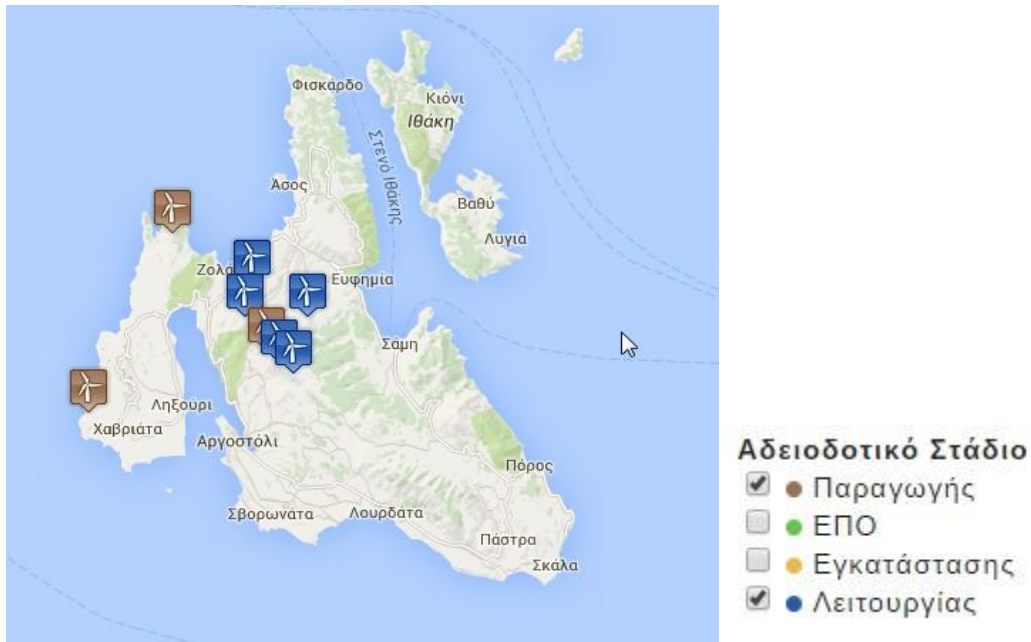
Advanced parameters: Weibull k Autocorrelation factor Diurnal pattern strength Hour of peak windspeed

Scaled annual average (m/s)

Εικόνα 3-5 Ανεμολογικά δεδομένα.

3.2 Αιολικά πάρκα Κεφαλονιάς

Στο νησί της Κεφαλονιάς είναι εγκατεστημένες 62 ανεμογεννήτριες (αδειοδοτικό στάδιο παραγωγής και λειτουργίας) συνολικής ισχύος 102,3 kW.



Εικόνα 3-6 Χάρτης σταθμών ΑΠΕ Κεφαλονιάς[25].

Στον πίνακα 3-2 βλέπουμε αναλυτικά τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένες οι ανεμογεννήτριες και την παραγόμενη ισχύ τους.

ΘΕΣΗ / ΔΗΜΟΣ	ΙΣΧΥΣ (MW)
ΛΑΧΤΙΕΣ-ΠΟΛΕΜΗ-ΣΩΡΟΣ / ΠΑΛΙΚΗΣ	10,30
ΜΩΡΟΥ / ΠΑΛΙΚΗΣ	2,40
ΛΑΧΤΙΕΣ-ΠΟΛΕΜΗ-ΣΩΡΟΣ / ΠΑΛΙΚΗΣ	10,30
ΗΜΕΡΟΒΙΓΛΙ / ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ	30,00
ΔΑΦΝΗ / ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ	10,20
ΟΡΟΣ ΑΓΙΑ ΔΥΝΑΤΗ / ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ	27,20
ΕΥΜΟΡΦΙΑ / ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ	2,70
ΜΟΝΟΛΑΤΙ/ΞΕΡΟΛΙΜΠΑ / ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ	13,60

Πίνακας 3-2 Αιολικά πάρκα Κεφαλονιάς.

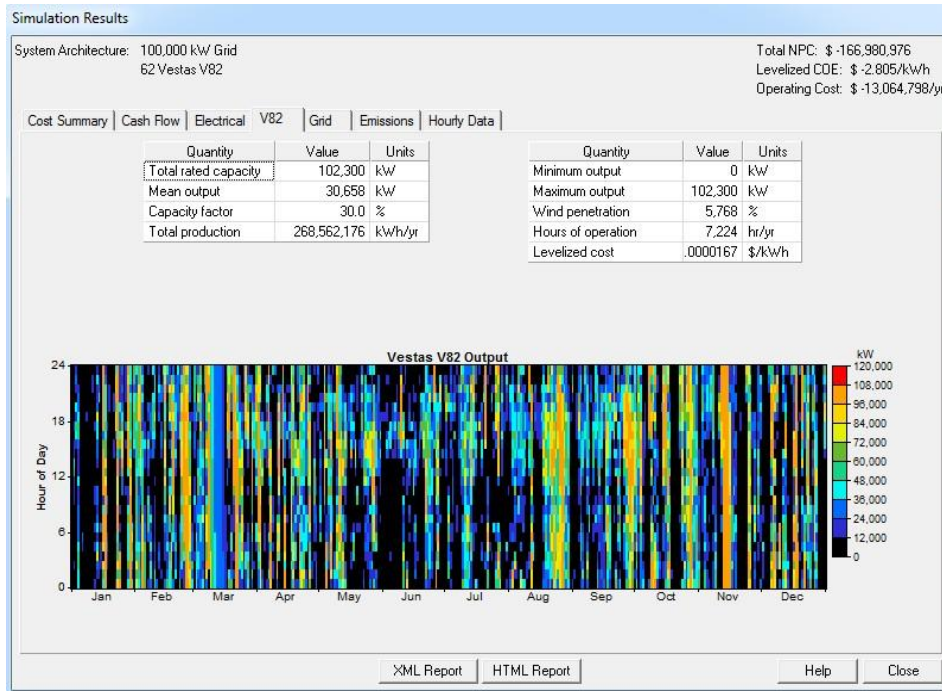
3.3 Αποτελέσματα

Με βάση αυτά τα δεδομένα θα παρουσιάσουμε μερικά αποτελέσματα όπως προέκυψαν από την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα HOMER.



Εικόνα 3-7 Αποτελέσματα μοντελοποίησης.

Στην εικόνα 3-7 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (99%, 268.562.176 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι πολύ μικρό (1%, 1.520.238kWh/yr). Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι το πλεόνασμα φορτίου πωλείται στο δίκτυο και είναι της τάξης του 98% (264.377.696 kW) του συνολικού.



Εικόνα 3-8. Αποτελέσματα μοντελοποίησης.

Στην εικόνα 3-8 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος. Αυτό που παρατηρούμε εδώ είναι ότι τον Ιούνιο και τον Ιούλιο έχουμε την μικρότερη παραγωγή ενέργειας λόγω της έλλειψης ισχυρών ανέμων κάτι που περιμέναμε βλέποντας αρχικά την εικόνα 3-7, επίσης τους δύο αυτούς μήνες είχαμε και την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας μέσω δικτύου.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
62 Vestas V82

Total NPC: \$ -166,980,976
Levelized COE: \$ -2.805/kWh
Operating Cost: \$ -13,064,798/yr

Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased (kWh)	Sold (kWh)	Purchases (kWh)	Demand (kW)	Charge (\$)	Charge (\$)
Jan	0	15,473,840	-15,473,840	0	-773,692	0
Feb	0	25,474,924	-25,474,924	0	-1,273,746	0
Mar	10,442	28,686,856	-28,676,414	303	-1,433,299	0
Apr	74,401	25,620,480	-25,546,080	1,527	-1,273,584	0
May	48,809	20,965,586	-20,916,776	970	-1,043,398	0
Jun	383,691	12,432,135	-12,048,444	3,907	-583,238	0
Jul	593,574	14,803,367	-14,209,793	5,003	-680,811	0
Aug	213,982	26,542,594	-26,328,612	3,691	-1,305,732	0
Sep	84,471	23,445,514	-23,361,042	1,780	-1,163,829	0
Oct	72,956	27,368,152	-27,295,196	1,167	-1,361,112	0
Nov	37,911	21,495,676	-21,457,766	682	-1,070,993	0
Dec	0	22,068,580	-22,068,580	0	-1,103,429	0
Annual	1,520,238	264,377,696	-262,857,456	5,003	-13,066,862	0

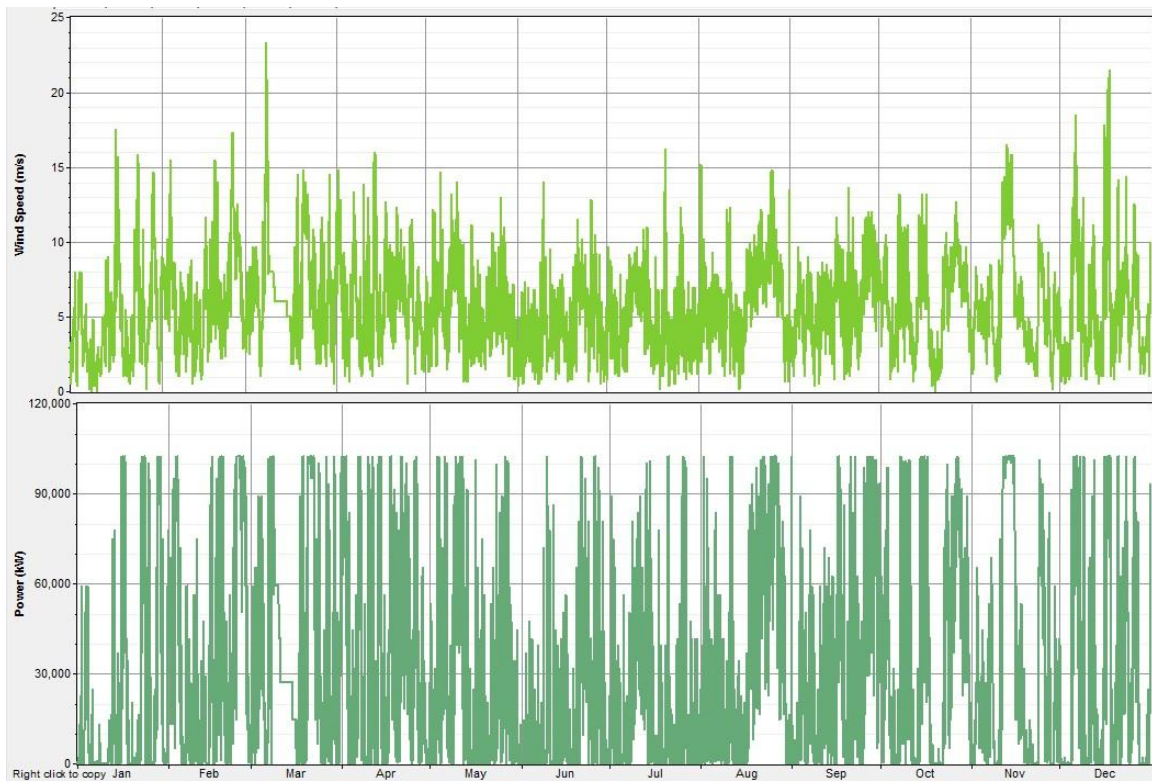
XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 3-9. Αποτελέσματα Μοντελοποίησης.

Στην εικόνα 3-9 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς εκείνη την περίοδο πέρα από τη μεγάλη ζήτηση είχαμε και την μικρότερη παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες.

Για τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια σημειώνουμε ότι οι τιμές που παρουσιάζονται είναι ανά ώρα για ένα έτος.

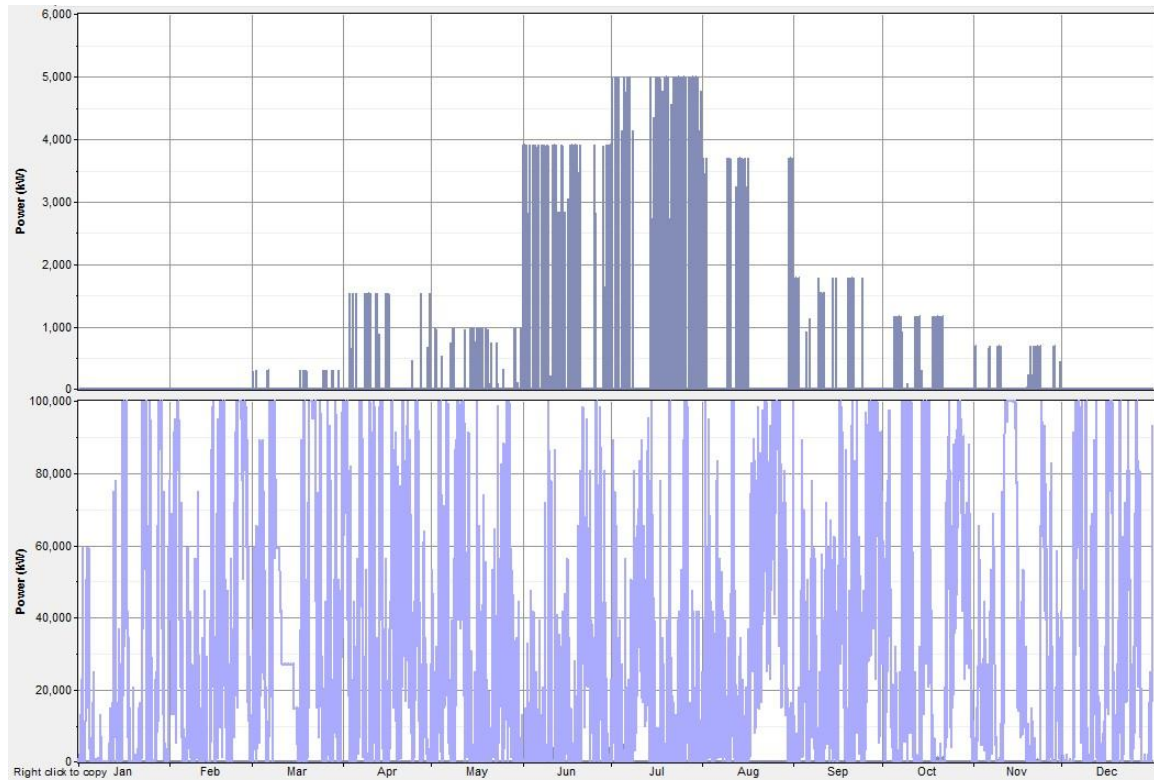
Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται τα διαγράμματα της ταχύτητα του ανέμου και της παραγόμενης ισχύς των ανεμογεννητριών Vestas V82.



Εικόνα 3-10 Ταχύτητα ανέμου και παραγόμενη ισχύς.

Αυτό που παρατηρούμε στο συγκεκριμένο διάγραμμα (Εικόνα 3-10) είναι ότι η ισχύς που παράγουν οι ανεμογεννήτριες εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα του ανέμου και οι μέγιστες τιμές τους συμπεριφέρονται ανάλογα στα 2 διαγράμματα, όπως και περιμέναμε.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα διαγράμματα που απεικονίζουν τις αγορές και τις πωλήσεις από και προς το δίκτυο αντίστοιχα (Εικόνα 3-11).



Εικόνα 3-11. Αγορές και πωλήσεις δικτύου.

Στο πρώτο διάγραμμα που αναφέρεται στην αγορά από το δίκτυο παρατηρούμε ότι κατά τους μήνες που δεν επισκέπτονται καθόλου το λιμάνι κρουαζιερόπλοια (Jan, Feb, Dec) έχουμε μηδενική αγορά ενέργειας από το δίκτυο. Όλους τους υπόλοιπους μήνες παρατηρούμε ότι είναι απαραίτητη η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο καθώς το σύστημα των ανεμογεννητριών δεν αρκεί για να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες των κρουαζιερόπλοιων με τον Ιούνιο και τον Ιούλιο να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ζήτηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΙΠΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ

4. Παρουσίαση ηλεκτροδότησης περισσότερων λιμανιών στα οποία αγκυροβολούν κρουαζιερόπλοια κατά το έτος 2014

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται κι άλλα λιμάνια της Ελλάδος στα οποία αγκυροβολούν κρουαζιερόπλοια κατά τη διάρκεια του έτους. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά ποιά είναι τα λιμάνια αυτά, τον αριθμό των προσεγγίσεων από κρουαζιερόπλοια που τα επισκέπτονται και την ενέργεια που καταναλώνουν κατά την παραμονή τους εκεί.

ΛΙΜΑΝΙ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (MWh)
ΚΕΡΚΥΡΑ	333	12898,05
ΚΑΤΑΚΟΛΟ	261	11600,04
ΚΑΒΑΛΑ	26	489,647
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	711	39548,3
ΡΟΔΟΣ	115	11445,248
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	28	913,863
ΒΟΛΟΣ	46	1491,606
ΧΑΝΙΑ	42	1210,79
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	164	6175,82

Πίνακας 4-1. Αριθμός προσεγγίσεων πλοίων στο κάθε λιμάνι και ηλεκτρικό φορτίο που καταναλώθηκε.

Η εισαγωγή του φορτίου στο πρόγραμμα HOMER έγινε με το σενάριο ότι όλα τα κρουαζιερόπλοια παραμένουν στο λιμάνι στο χρονικό διάστημα 8:00 - 16:00 και ότι το συνολικό φορτίο που απαιτείται να καλυφθεί είναι ισοκαταμεμημένο ανά ώρα στο χρόνο αυτό.

4.1 ΛΙΜΑΝΙ ΚΕΡΚΥΡΑΣ

Το λιμάνι της Κέρκυρας είναι αρκετά μικρό και βρίσκεται μέσα στην πόλη, στο Ακρωτήριο Σίδερο, κοντά στον όρμο Γαρίτσας και χωρίζεται στο παλιό και το νέο λιμάνι. Το νέο λιμάνι της Κέρκυρας, χτισμένο δυτικά από το παλιό, είναι το λιμάνι που εξυπηρετεί τα επιβατικά πλοία και κρουαζιερόπλοια. Διαθέτει προβλήτα μήκους 850 μέτρων η κάθε πλευρά, στον οποίο είναι δυνατή η πρόσδεση 6-8 μεγάλου μήκους κρουαζιερόπλοιων.[15] Για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού της Κέρκυρας χρησιμοποιούμε ενέργεια που προέρχεται από αιολικά πάρκα της ηπειρωτικής Ελλάδας και πιο συγκεκριμένα των νομών Ιωαννίνων, Ηγουμενίτσας και Πρέβεζας συνολικής ισχύος 325,05 MW (197 ανεμογεννήτριες).



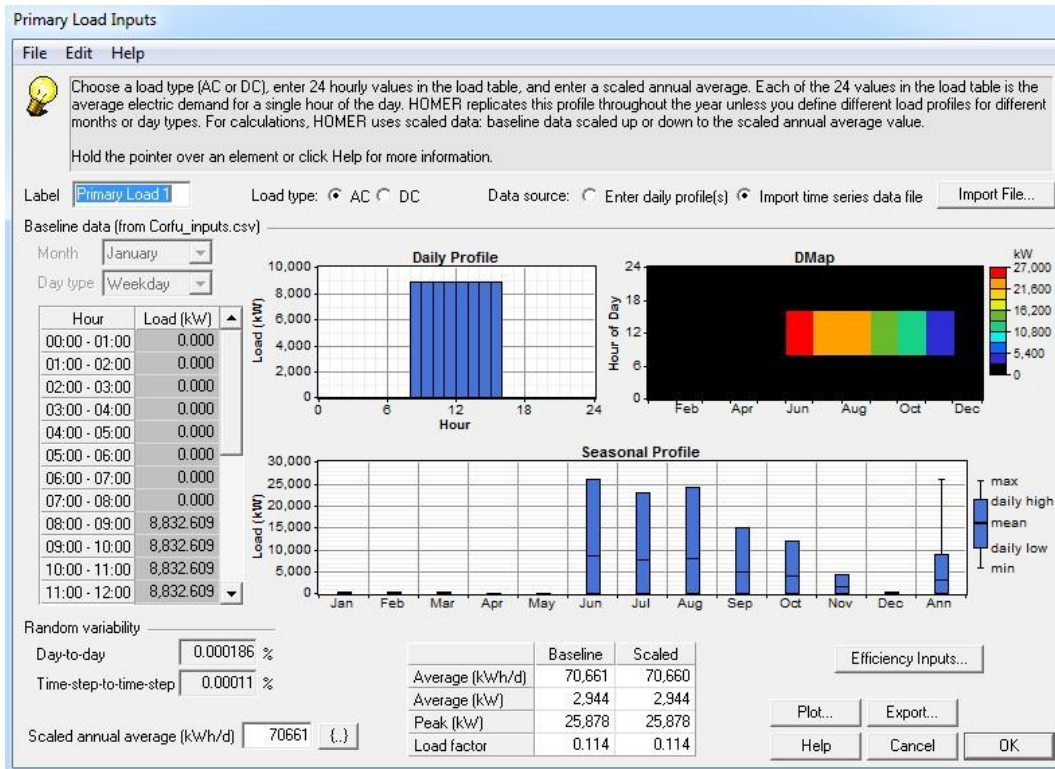
Εικόνα 4.1-1 Αιολικά πάρκα ηπείρου[25].

Στην εικόνα 4.1-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι της Κέρκυρας, ενώ στην εικόνα 4.1-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



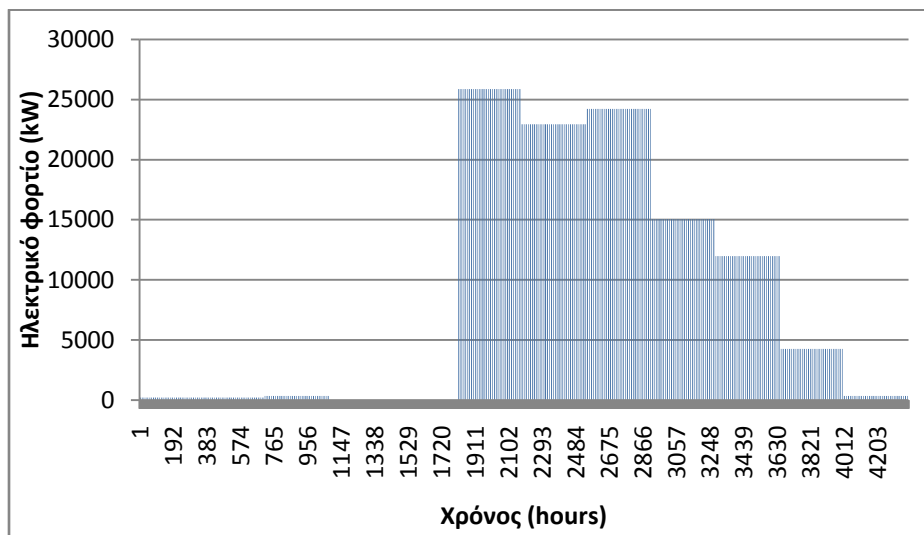
Εικόνα 4.1-2 Λιμάνι Κέρκυρας[24].

4.1.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.1-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

Στην εικόνα 4.1-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).

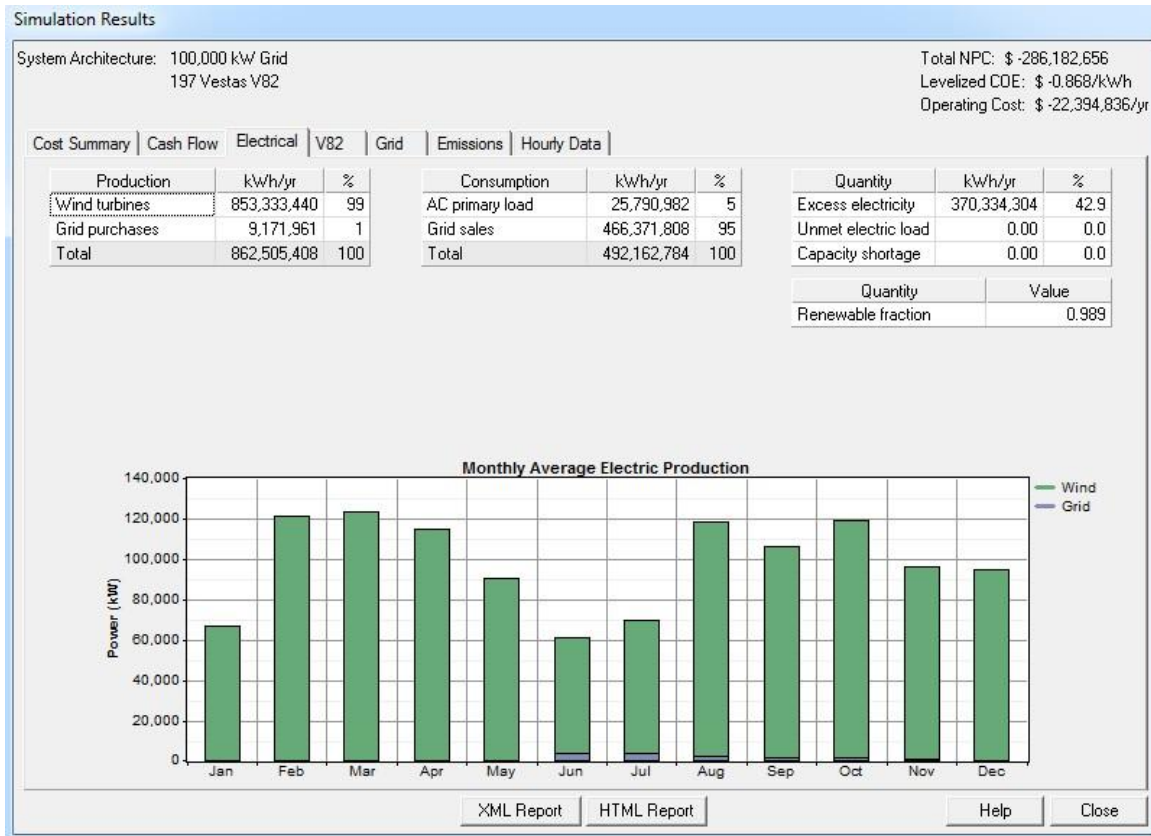


Εικόνα 4.1-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

Η εικόνα 4.1-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά 2ωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον

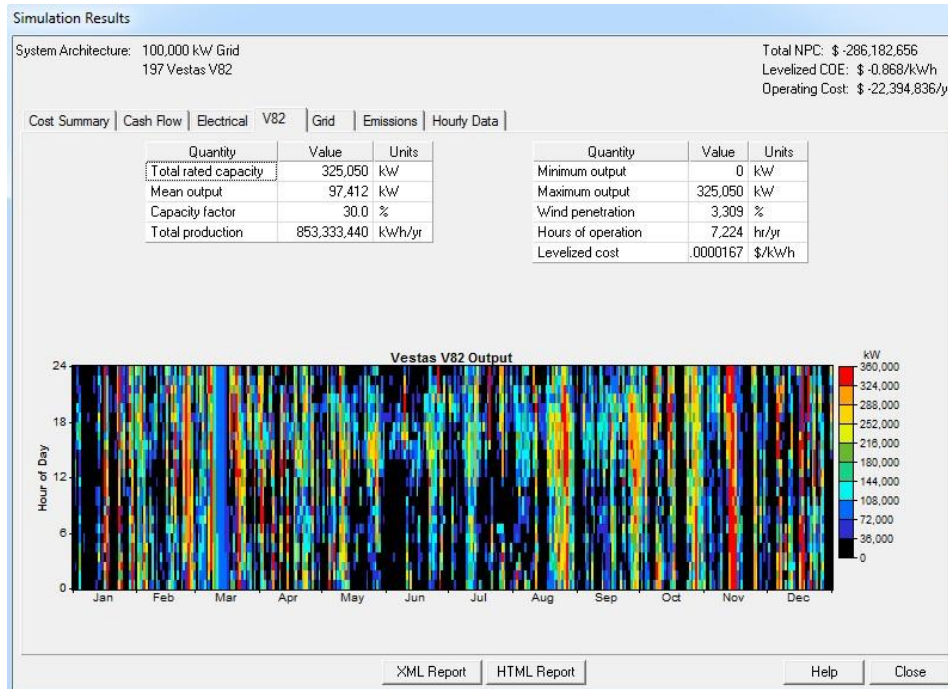
κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.1.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.1-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.1-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (99%, 853.333.440kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι πολύ μικρό (1%, 9.171.961kWh/yr).



Εικόνα 4.1-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.1-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
197 Vestas V82

Total NPC: \$ -286,182,656
Levelized COE: \$ -0.868/kWh
Operating Cost: \$ -22,394,836/yr

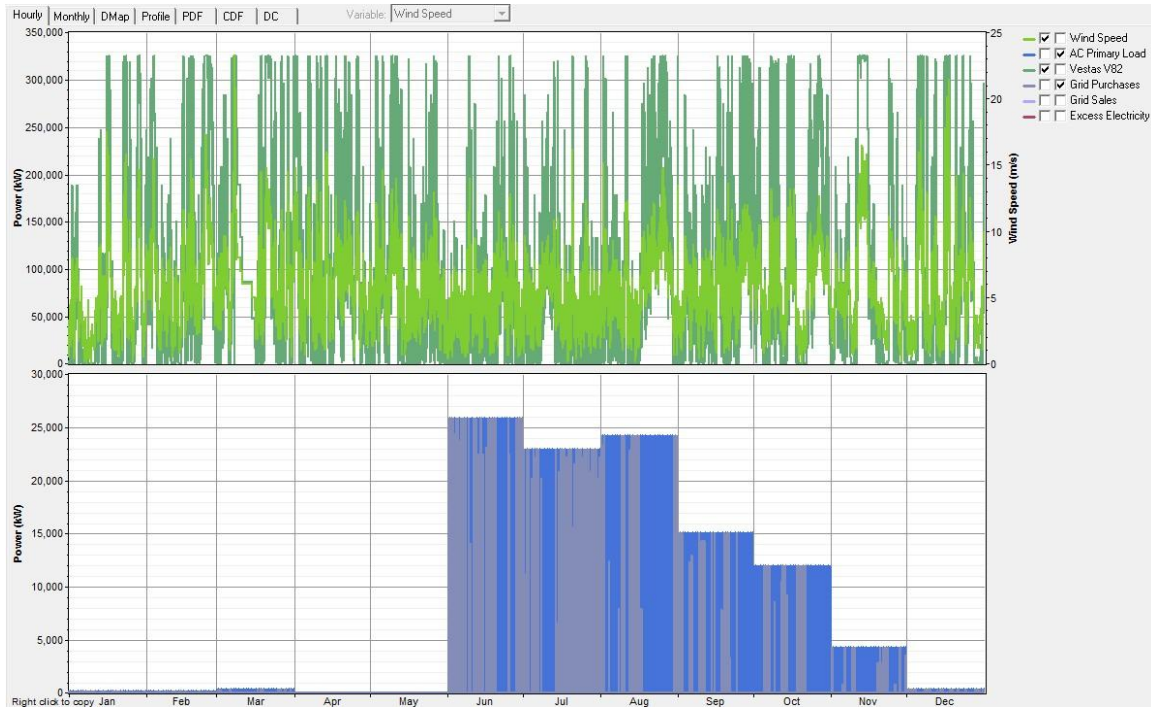
Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased (kWh)	Sold (kWh)	Purchases (kWh)	Demand (kW)	Charge (\$)	Charge (\$)
Jan	19,931	26,525,730	-26,505,798	215	-1,324,293	0
Feb	6,865	42,634,112	-42,627,248	201	-2,131,019	0
Mar	11,127	51,909,304	-51,898,176	340	-2,594,353	0
Apr	0	43,138,980	-43,138,980	0	-2,156,949	0
May	0	39,515,960	-39,515,960	0	-1,975,798	0
Jun	2,789,733	25,488,326	-22,698,594	25,878	-995,443	0
Jul	2,873,334	30,292,736	-27,419,402	22,954	-1,227,303	0
Aug	1,555,296	46,358,248	-44,802,952	24,235	-2,162,383	0
Sep	804,259	43,503,724	-42,699,464	15,073	-2,094,760	0
Oct	808,339	44,808,760	-44,000,420	11,974	-2,159,604	0
Nov	273,065	36,506,504	-36,233,440	4,268	-1,798,019	0
Dec	30,013	35,689,436	-35,659,424	336	-1,781,471	0
Annual	9,171,961	466,371,808	-457,199,872	25,878	-22,401,392	0

XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 4.1-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.1-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς εκείνη την περίοδο πέρα από τη μεγάλη ζήτηση είχαμε και την μικρότερη παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες.



Εικόνα 4.1-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.1-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.2 ΛΙΜΑΝΙ ΚΑΤΑΚΟΛΟΥ

Το λιμάνι του Κατάκολου ως φυσικό άκρο του ακρωτηρίου Ιχθύς βρίσκεται στο νομό Ηλείας και διαθέτει τρεις προβλήτες 200, 240 και 270 μέτρων. Κατά το έτος 2014, 51 κρουαζιερόπλοια προσέγγισαν το συγκεκριμένο λιμάνι.[16] Για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού χρησιμοποιούμε ενέργεια που προέρχεται από αιολικά πάρκα της κεντρικής και βόρειας Πελοποννήσου συνολικής ισχύος 435,6 MW (264 ανεμογεννήτριες).



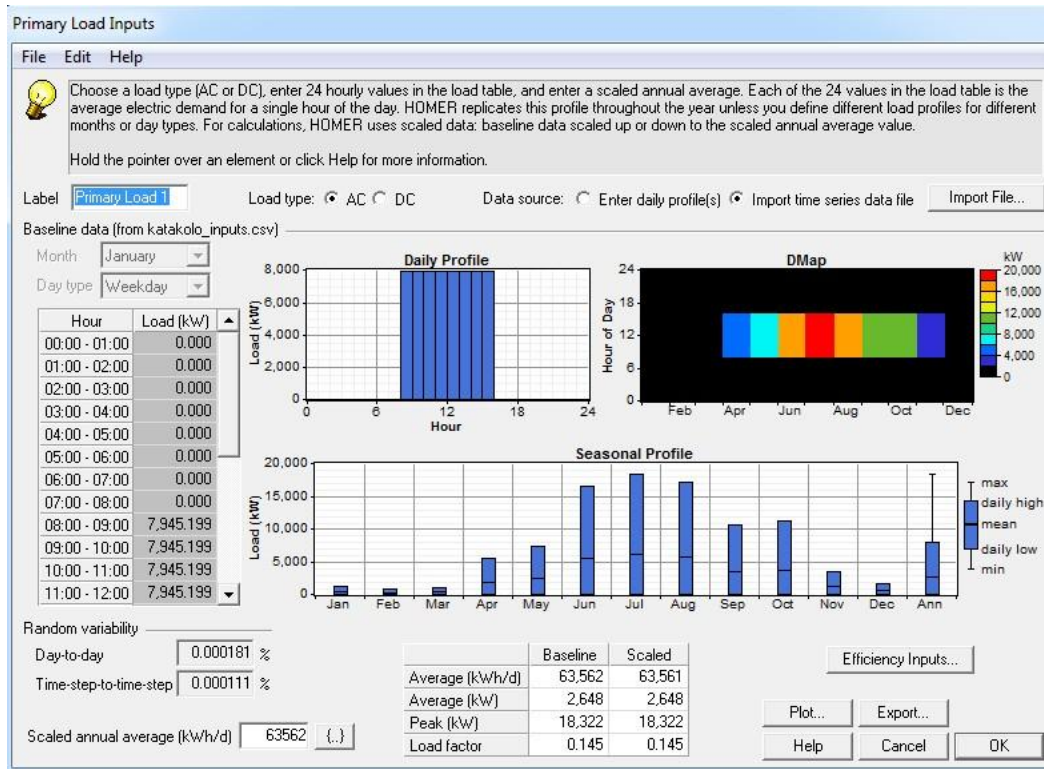
Εικόνα 4.2-1 Αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.2-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι του Κατάκολου, ενώ στην εικόνα 4.2-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



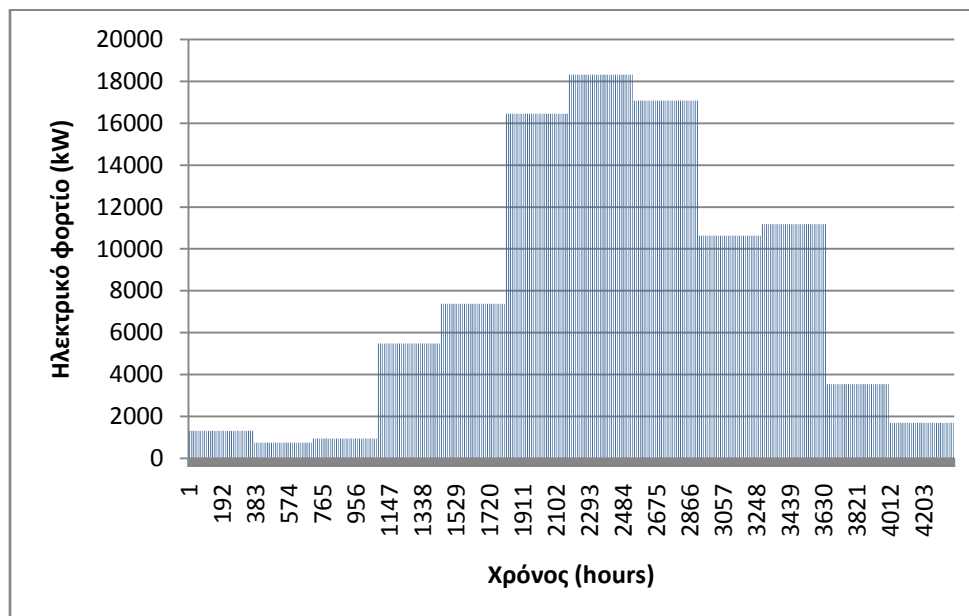
Εικόνα 4.2-2. Λιμάνι Κατάκολου[24].

4.2.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.2-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

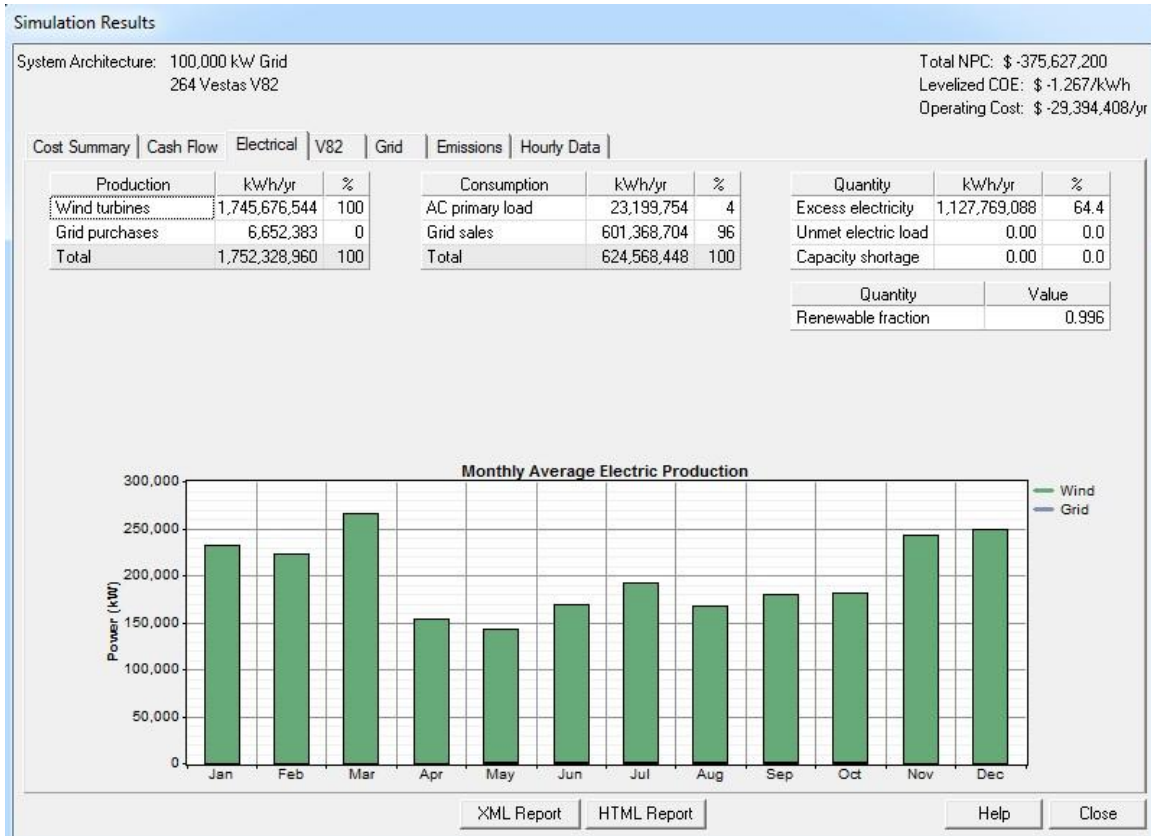
Στην εικόνα 4.1-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.2-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

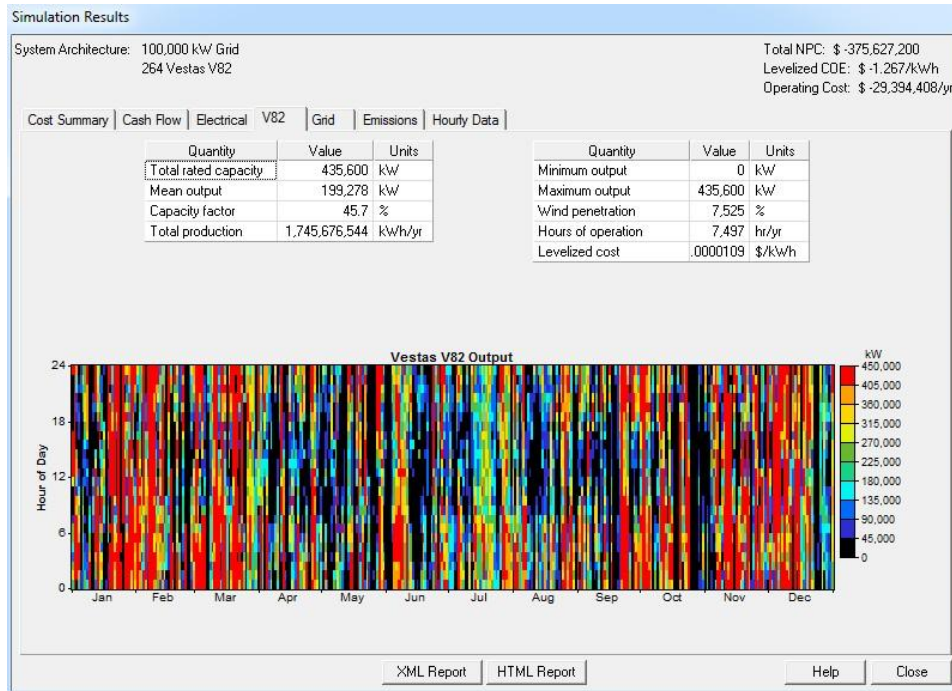
Η εικόνα 4.2-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.2.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.2-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.2-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (100%, 1.745.676.544 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι αμελητέο (0%, 6.652.393 kWh/yr).



Εικόνα 4.2-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.2-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
264 Vestas V82

Total NPC: \$ -375,627,200
Levelized COE: \$ -1.267/kWh
Operating Cost: \$ -29,394,408/yr

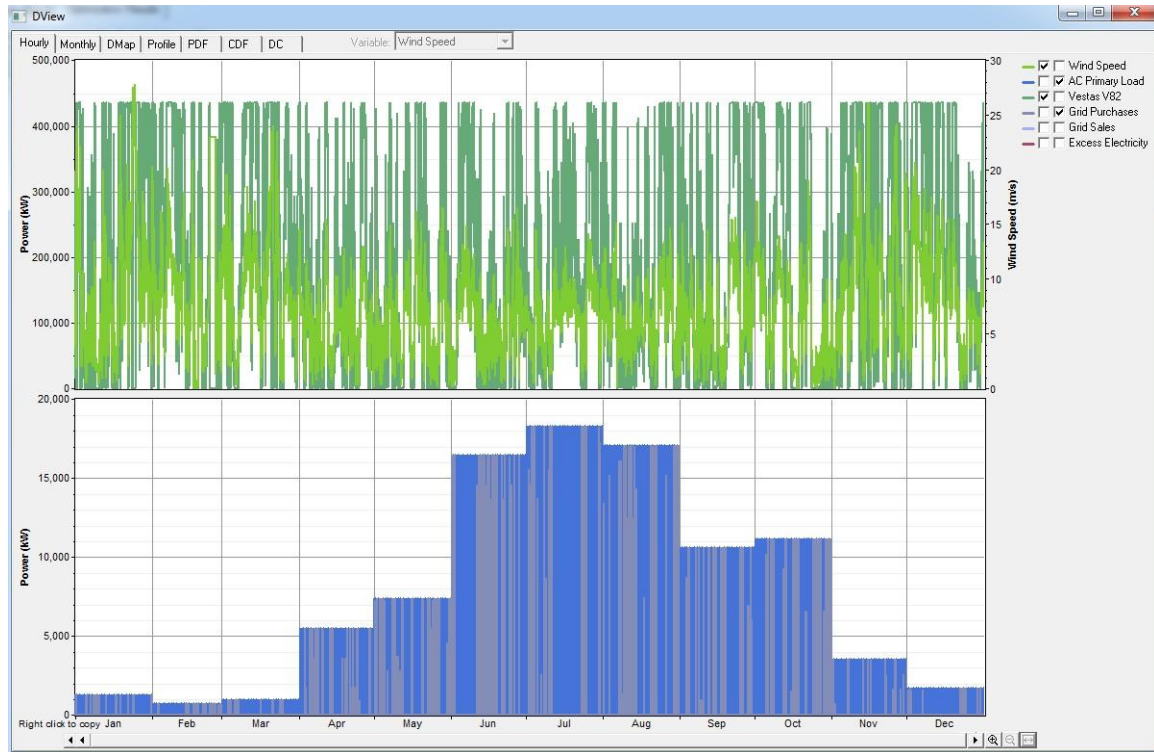
Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased (kWh)	Sold (kWh)	Purchases (kWh)	Demand (kW)	Charge (\$)	Charge (\$)
Jan	57,575	53,772,032	-53,714,456	1,310	-2,682,844	0
Feb	46,606	47,834,660	-47,788,056	744	-2,387,073	0
Mar	29,148	59,774,684	-59,745,536	950	-2,985,820	0
Apr	361,067	45,234,432	-44,873,364	5,481	-2,225,615	0
May	595,541	40,994,332	-40,398,792	7,379	-1,990,163	0
Jun	1,332,553	45,068,712	-43,736,160	16,454	-2,120,180	0
Jul	910,542	56,572,016	-55,661,472	18,322	-2,737,547	0
Aug	1,164,008	49,454,904	-48,290,896	17,086	-2,356,345	0
Sep	845,949	45,958,024	-45,112,076	10,634	-2,213,306	0
Oct	1,123,808	42,657,972	-41,534,164	11,186	-2,020,518	0
Nov	135,063	54,620,452	-54,485,388	3,539	-2,717,516	0
Dec	50,523	59,426,428	-59,375,904	1,700	-2,966,269	0
Annual	6,652,383	601,368,704	-594,716,224	18,322	-29,403,194	0

XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 4.2-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.2-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς εκείνη την περίοδο πέρα από τη μεγάλη ζήτηση είχαμε και την μικρότερη παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες. Επίσης μεγάλο ποσό αγοράς ενέργειας παρατηρείται και τον μήνα Οκτώβριο.

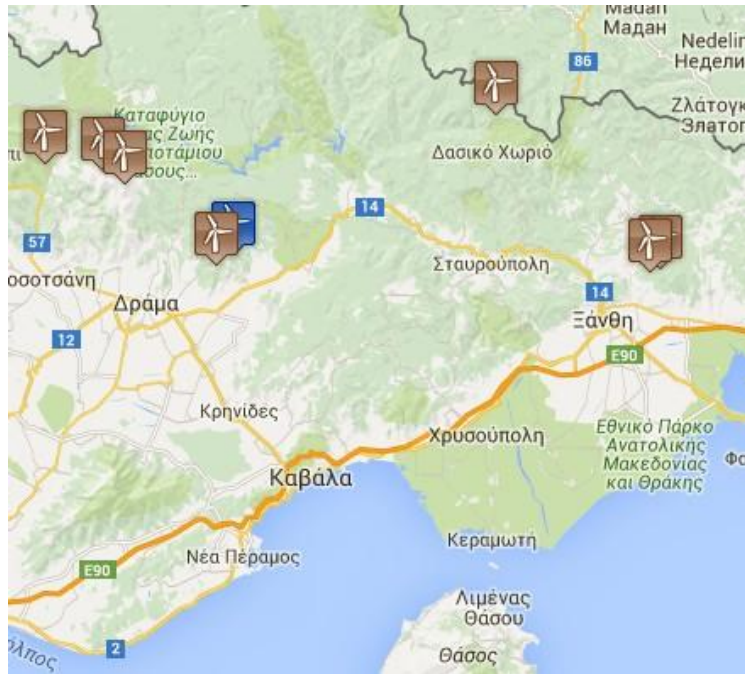


Εικόνα 4.2-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.2-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.3 ΛΙΜΑΝΙ ΚΑΒΑΛΑΣ

Το λιμάνι της Καβάλας, η χερσαία ζώνη του οποίου περικλείεται από την πόλη διαθέτει μόλο μήκους 560 μ. και υψήνεμο 230 μ. Το μήκος των κρηπιδωμάτων είναι 1950μ και έχει βάθος από 4-10μ.[17] Στο λιμάνι της Καβάλας αγκυροβόλησαν 14 κρουαζιερόπλοια κατά τη διάρκεια του έτους και για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού χρησιμοποιούμε ενέργεια που προέρχεται από αιολικά πάρκα των γύρω περιοχών συνολικής ισχύος 117,15 MW μέσω 71 ανεμογεννητριών.



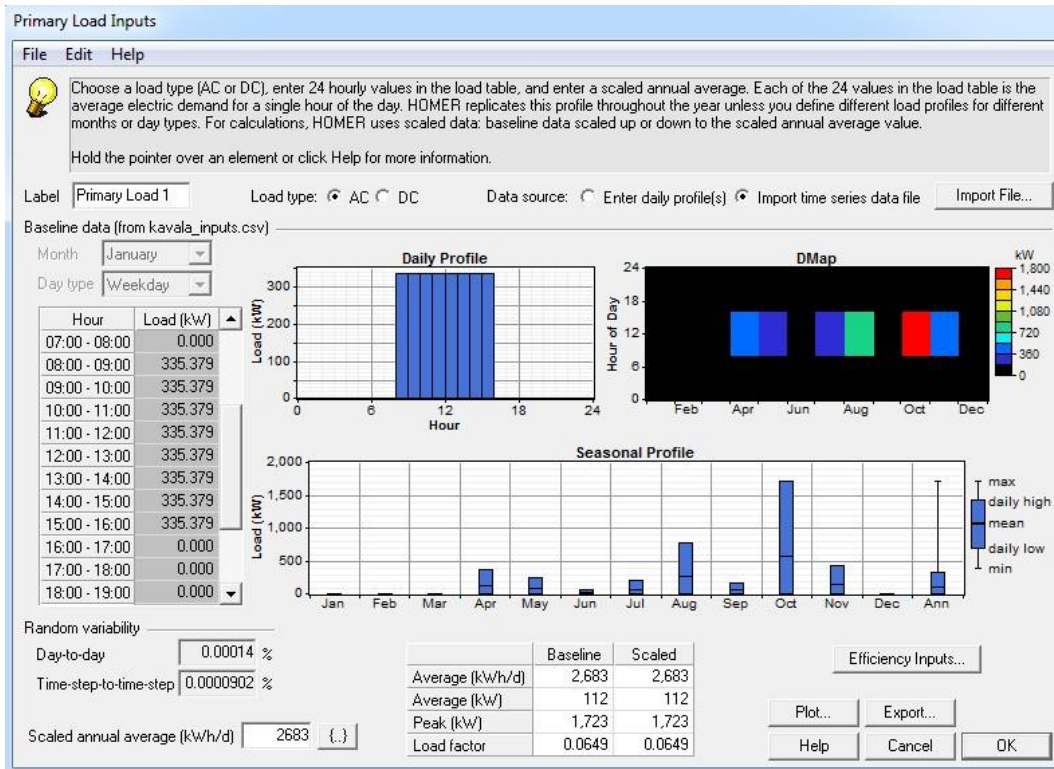
Εικόνα 4.3-1 Αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.3-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι της Καβάλας, ενώ στην εικόνα 4.3-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



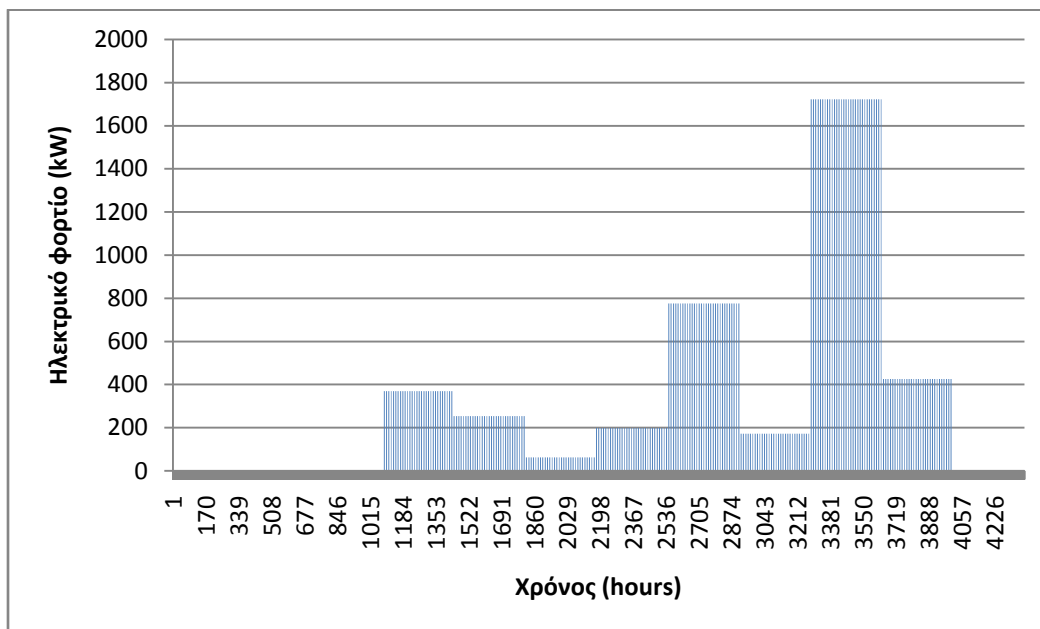
Εικόνα 4.3-2. Λιμάνι Καβάλας[24].

3.3.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.3-3 Ηλεκτρικό φορτίο.

Στην εικόνα 4.1-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.3-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

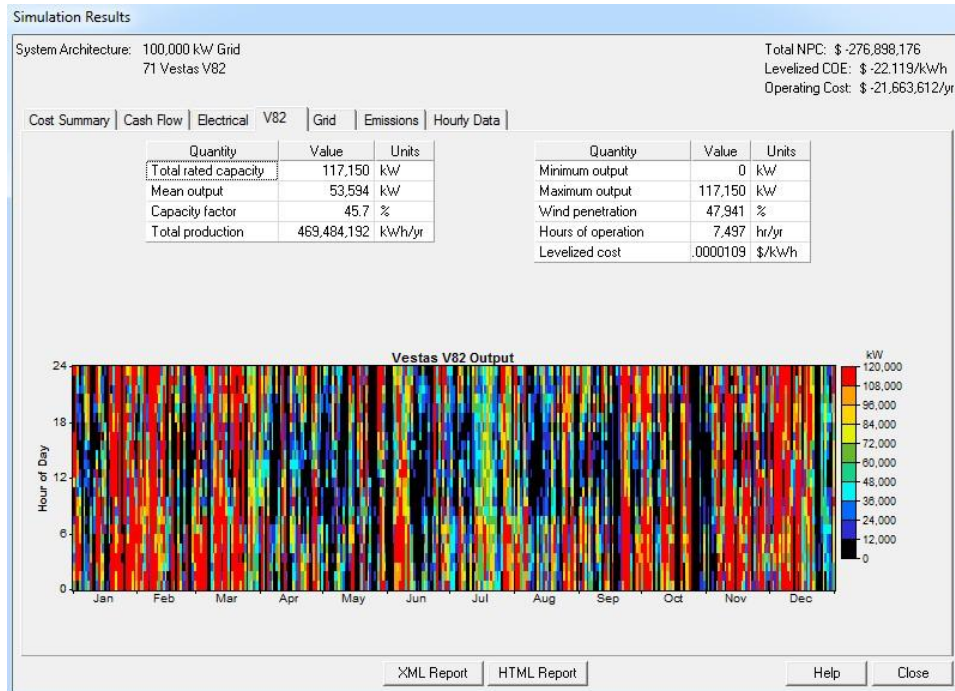
Η εικόνα 4.3-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.3.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.3-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.3-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (100%, 469.484.192 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι αμελητέο (0%, 270.175 kWh/yr).



Εικόνα 4.3-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.3-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
71 Vestas V82

Total NPC: \$ -276,898,176
Levelized COE: \$ -22,119/kWh
Operating Cost: \$ -21,663,612/yr

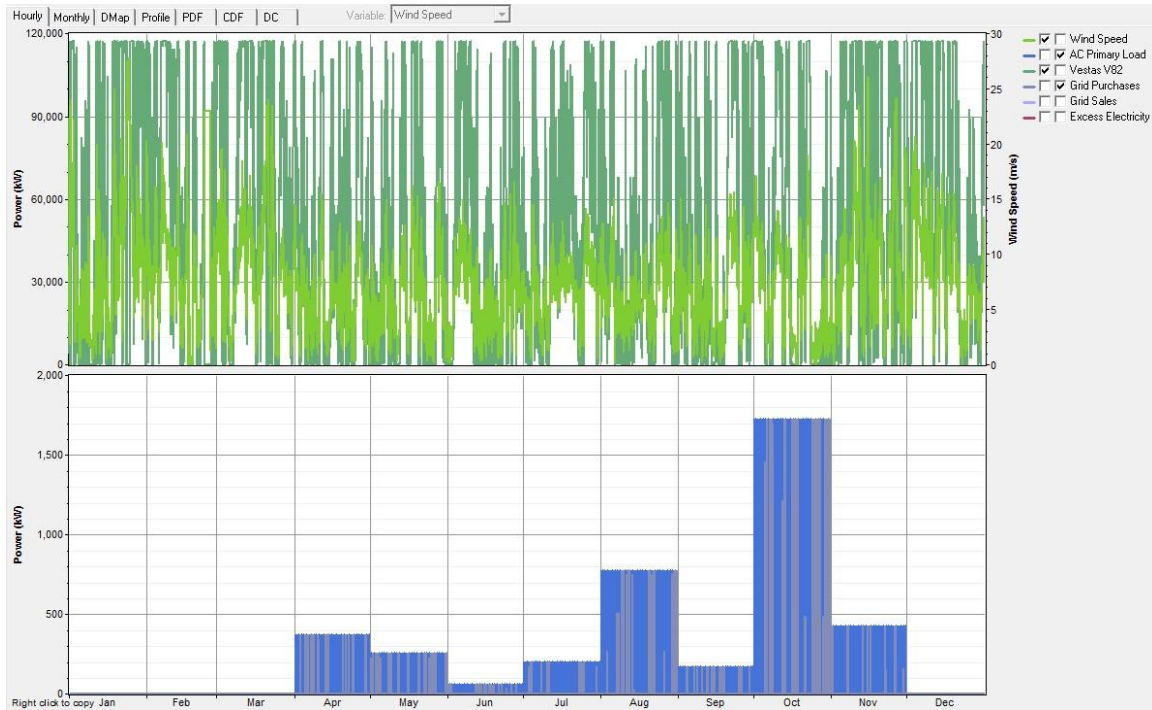
Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	0	41,897,976	-41,897,976	0	-2,094,899	0
Feb	0	36,930,144	-36,930,144	0	-1,846,507	0
Mar	0	48,328,268	-48,328,268	0	-2,416,414	0
Apr	20,142	28,112,988	-28,092,846	370	-1,403,635	0
May	15,353	26,660,606	-26,645,252	254	-1,331,495	0
Jun	3,364	30,433,412	-30,430,048	63	-1,521,334	0
Jul	6,438	36,877,336	-36,870,896	199	-1,843,223	0
Aug	32,362	31,411,256	-31,378,894	776	-1,567,327	0
Sep	10,288	32,357,734	-32,347,446	172	-1,616,858	0
Oct	167,323	32,865,288	-32,697,964	1,723	-1,626,532	0
Nov	14,904	42,594,424	-42,579,520	425	-2,128,231	0
Dec	0	45,390,400	-45,390,400	0	-2,269,520	0
Annual	270,175	433,859,840	-433,589,632	1,723	-21,665,974	0

XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 4.3-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.3-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε κατά το μήνα Οκτώβριο καθώς εκείνη την περίοδο παρουσιάστηκε και η μεγαλύτερη ενεργειακή ζήτηση.



Εικόνα 4.3-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.3-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.4 ΛΙΜΑΝΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Ο Πειραιάς, το μεγαλύτερο λιμάνι της Ελλάδας και ένα από τα μεγαλύτερα της Μεσογείου, αποτελεί αναπτυξιακό μοχλό του διεθνούς εμπορίου, της τοπικής και εθνικής οικονομίας. Με ιστορία που ξεκινάει από το 1924, όταν έγιναν τα εγκαίνια έναρξης των μεγάλων έργων, σήμερα το λιμάνι έχει πολλαπλές δραστηριότητες που αφορούν το εμπορικό λιμάνι, το επιβατικό λιμάνι, την εξυπηρέτηση πλοίων και την ανάπτυξη και εκμετάλλευση χερσαίων εκτάσεων. Ο Λιμένας του Πειραιά αποτελεί ένα σημαντικό προορισμό για κρουαζιερόπλοια εντός της Μεσογείου, διαθέτοντας 11 θέσεις πρόσδεσης κρουαζιερόπλοιων.[18] Ως το μεγαλύτερο λιμάνι της χώρας παρουσιάζει και την μεγαλύτερη κίνηση κρουαζιερόπλοιων με 96 πλοία να προσεγγίζουν το λιμάνι. Για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού χρησιμοποιούμε ενέργεια που προέρχεται από αιολικά

πάρκα της νοτιοανατολικής Εύβοιας όπου είναι εγκατεστημένες 257 ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύς 423,9 MW.



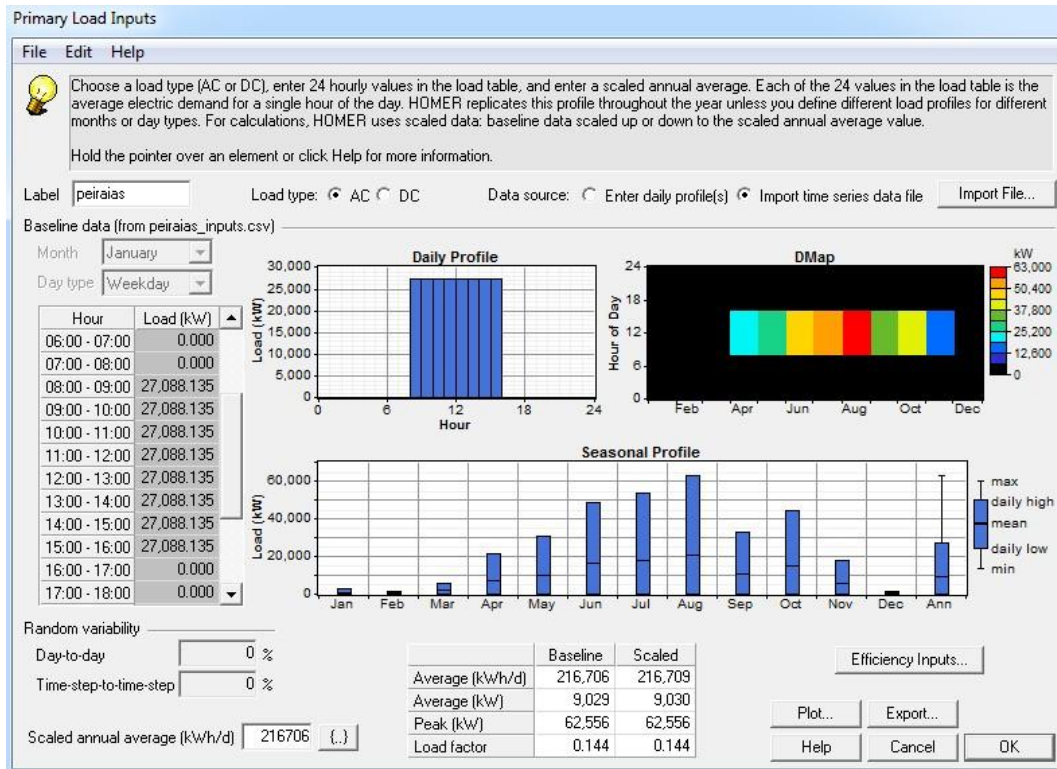
Εικόνα 4.4-1 Αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.4-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι του Πειραιά, ενώ στην εικόνα 4.4-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



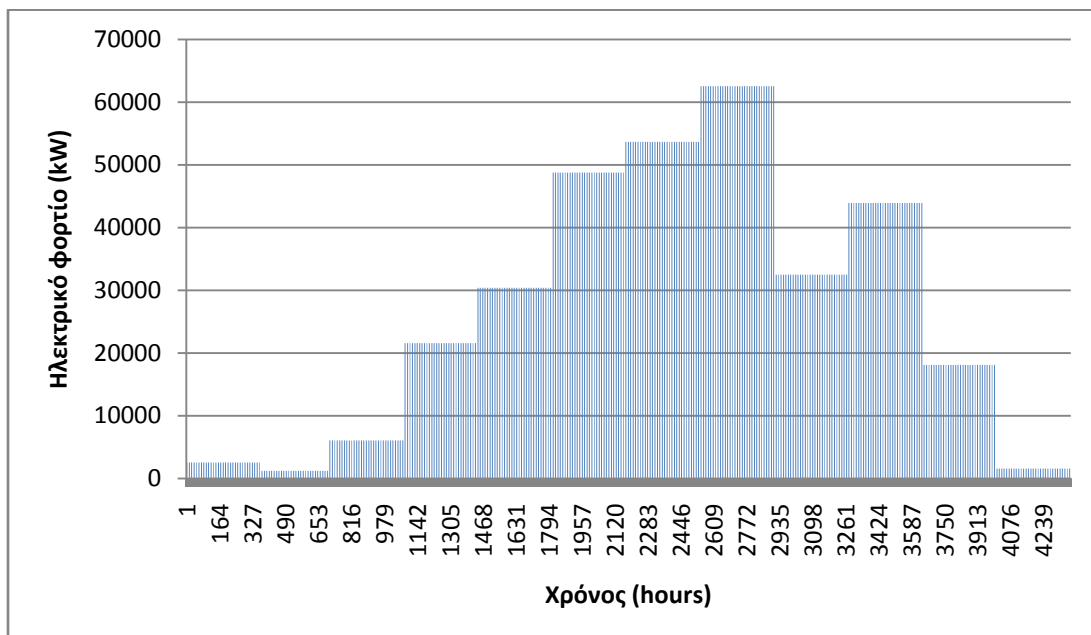
Εικόνα 4.4-2 Λιμάνι Πειραιά[24].

4.4.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.4-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

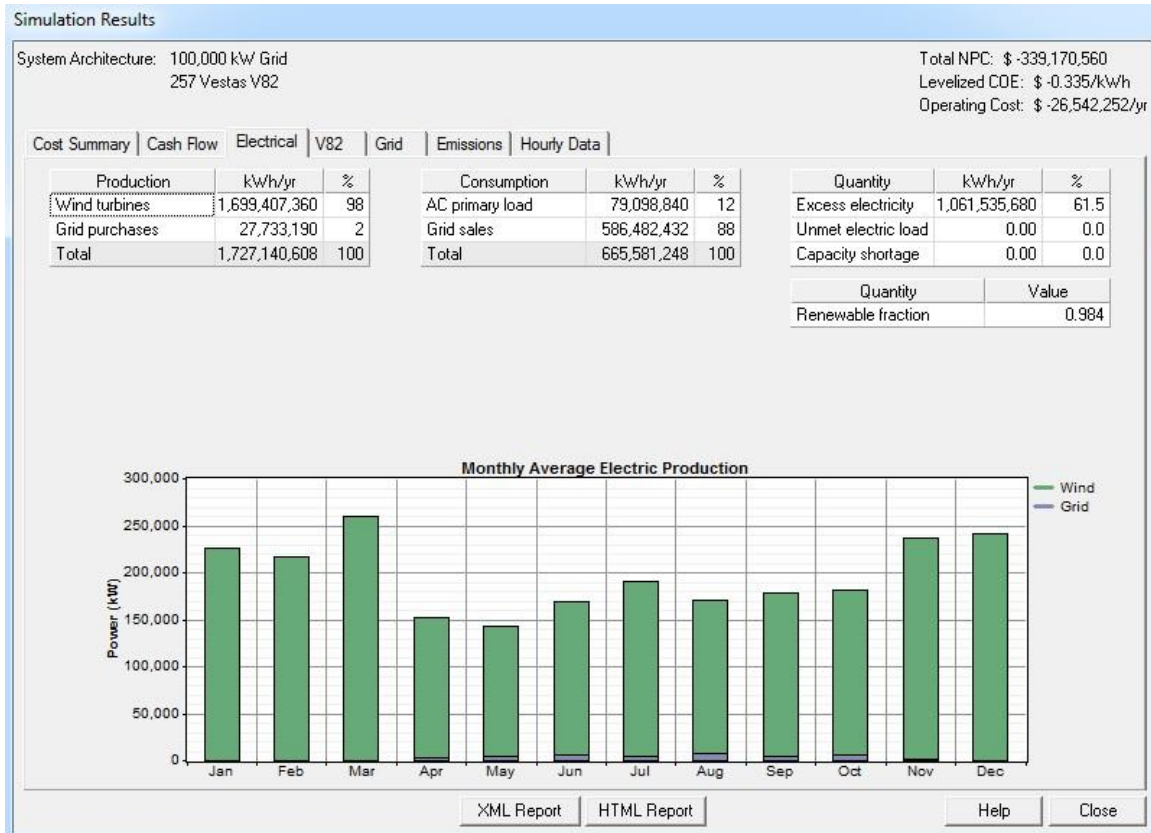
Στην εικόνα 4.1-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.4-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

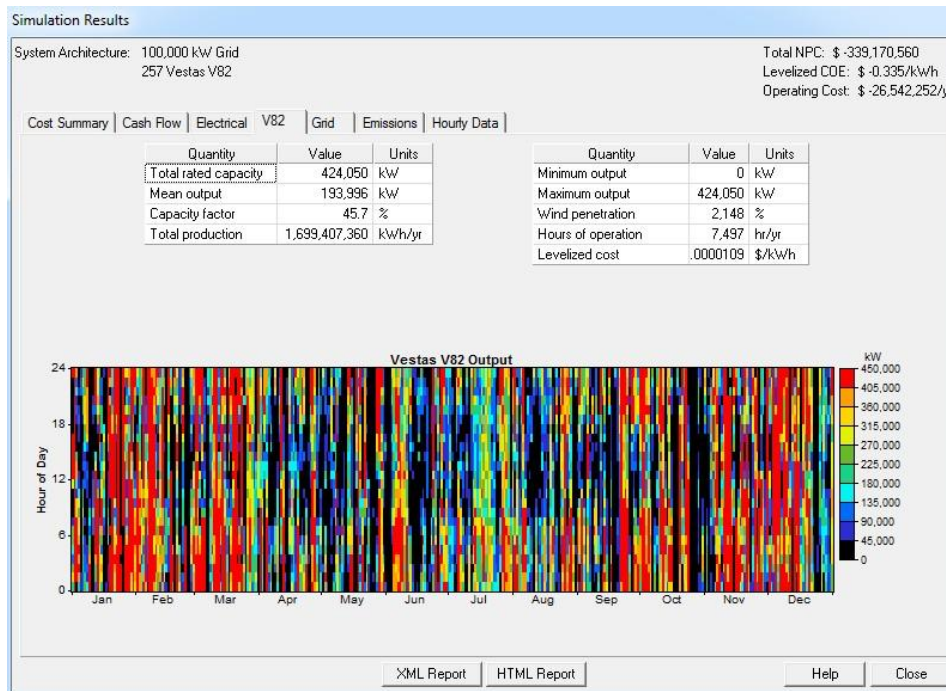
Η εικόνα 4.4-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.4.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.4-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.4-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (98%, 1.699.407.360 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι πολύ μικρό (2%, 27.733.190 kWh/yr).



Εικόνα 4.4-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.4-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
257 Vestas V82

Total NPC: \$ -339,170,560
Levelized COE: \$ -0.335/kWh
Operating Cost: \$ -26,542,252/yr

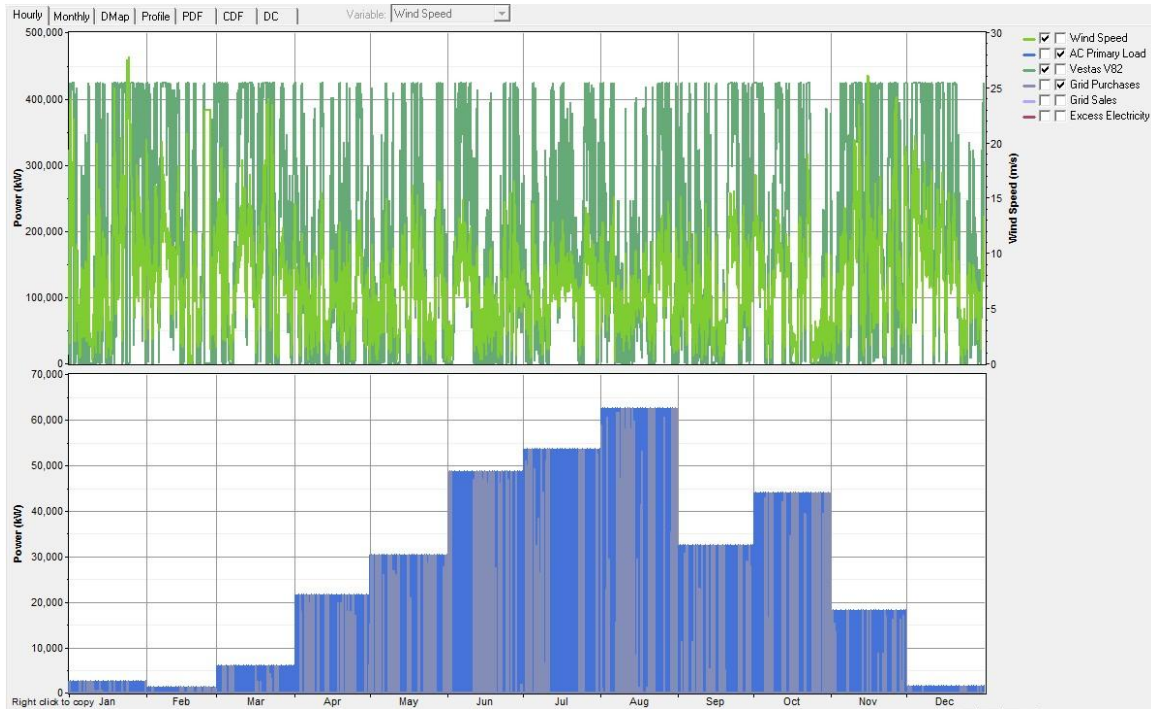
Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased (kWh)	Sold (kWh)	Purchases (kWh)	Demand (kW)	Charge (\$)	Charge (\$)
Jan	123,095	53,596,564	-53,433,468	2,546	-2,665,519	0
Feb	77,860	47,703,092	-47,625,232	1,224	-2,377,369	0
Mar	227,505	59,434,928	-59,207,424	6,058	-2,948,996	0
Apr	1,708,145	43,917,108	-42,208,964	21,604	-2,025,041	0
May	2,908,287	39,473,556	-36,565,268	30,404	-1,682,849	0
Jun	4,617,408	43,053,596	-38,436,188	48,760	-1,690,939	0
Jul	3,321,161	54,498,700	-51,177,540	53,657	-2,392,819	0
Aug	6,134,844	45,972,704	-39,837,860	62,556	-1,685,151	0
Sep	2,942,997	44,247,308	-41,304,312	32,521	-1,918,066	0
Oct	4,760,850	41,394,972	-36,634,120	43,934	-1,593,664	0
Nov	864,348	53,930,036	-53,065,688	18,127	-2,610,067	0
Dec	46,632	59,299,892	-59,253,200	1,572	-2,960,326	0
Annual	27,733,190	586,482,432	-558,749,248	62,556	-26,550,806	0

XML Report | HTML Report | Help | Close

Εικόνα 4.4-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.4-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και τον Σεπτέμβριο και Οκτώβριο καθώς εκείνη την περίοδο πέρα από τη μεγάλη ζήτηση είχαμε και την μικρότερη παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες.

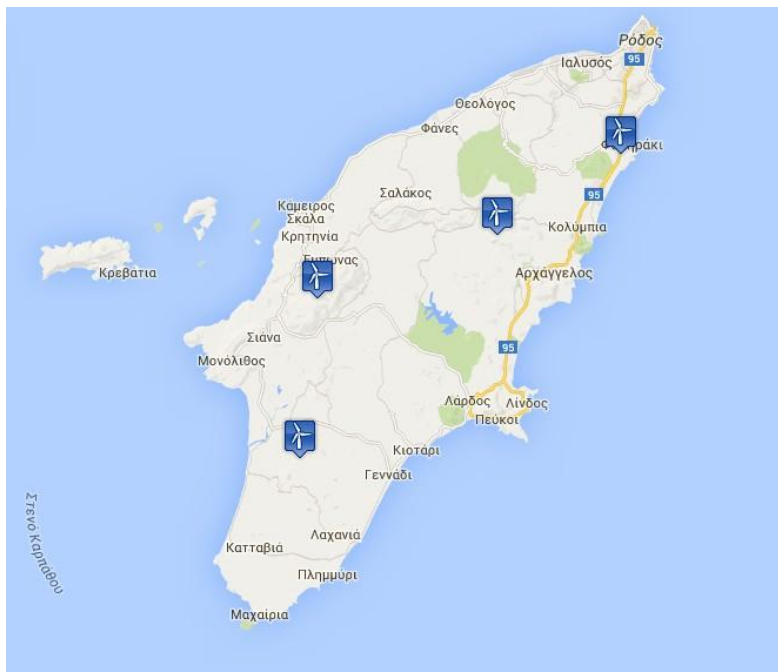


Εικόνα 4.4-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.4-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.5 ΛΙΜΑΝΙ ΡΟΔΟΥ

Η Ρόδος είναι το μεγαλύτερο νησί της Δωδεκανήσου. Το νησί της Ρόδου βρίσκεται στο σταυροδρόμι δύο μεγάλων θαλάσσιων διαδρομών της Μεσογείου, ανάμεσα στο Αιγαίο πέλαγος και των ακτών της Μέσης Ανατολής. Το λιμάνι της Ρόδου λειτουργεί ως λιμάνι προσέγγισης κρουαζιερόπλοιων και είναι σε θέση να φιλοξενήσει ταυτόχρονα έως οκτώ κρουαζιερόπλοια με μέγιστο μήκος μέχρι 250 μ.[19] Στη Ρόδο δεδομένου της πολύ μικρής αιολικής ενέργειας που παράγεται στο νησί (26,43MW), θα παρουσιάσουμε μια μελέτη εγκατάστασης 80 ανεμογεννητριών που μπορούν να εξυπηρετήσουν τα πλοία που προσεγγίζουν το λιμάνι κατά τη διάρκεια του έτους.



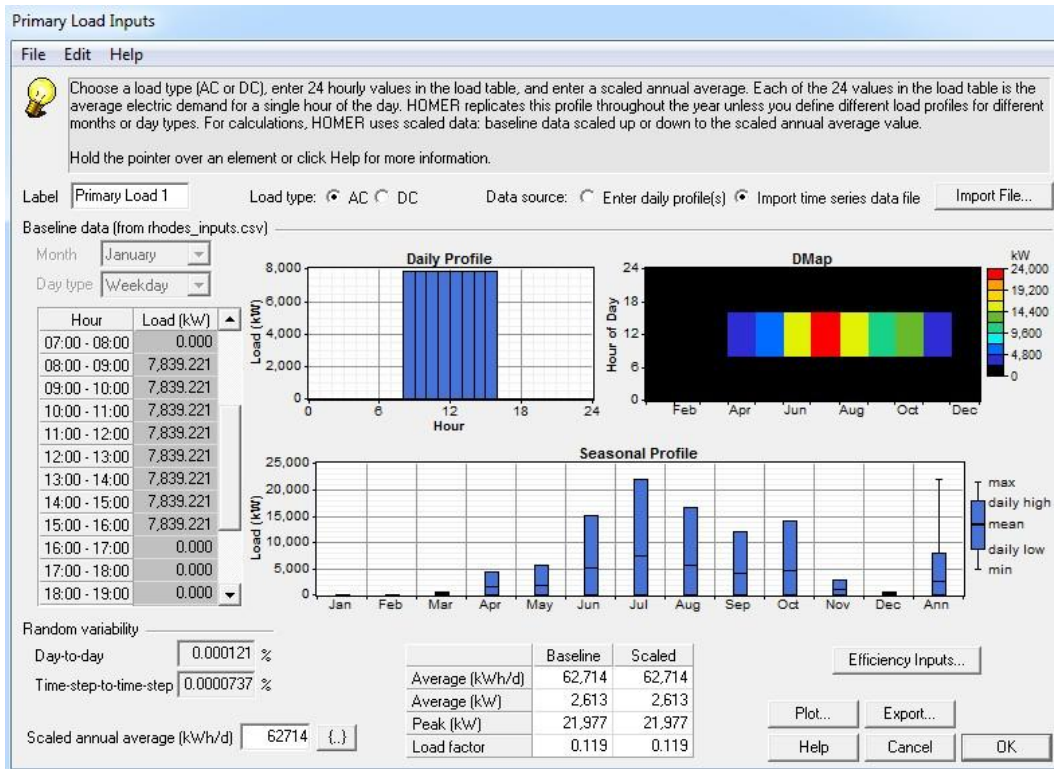
Εικόνα 4.5-1 Ηδη εγκατεστημένα αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.5-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα και τα οποία δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών του λιμανιού της Ρόδου, ενώ στην εικόνα 4.5-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



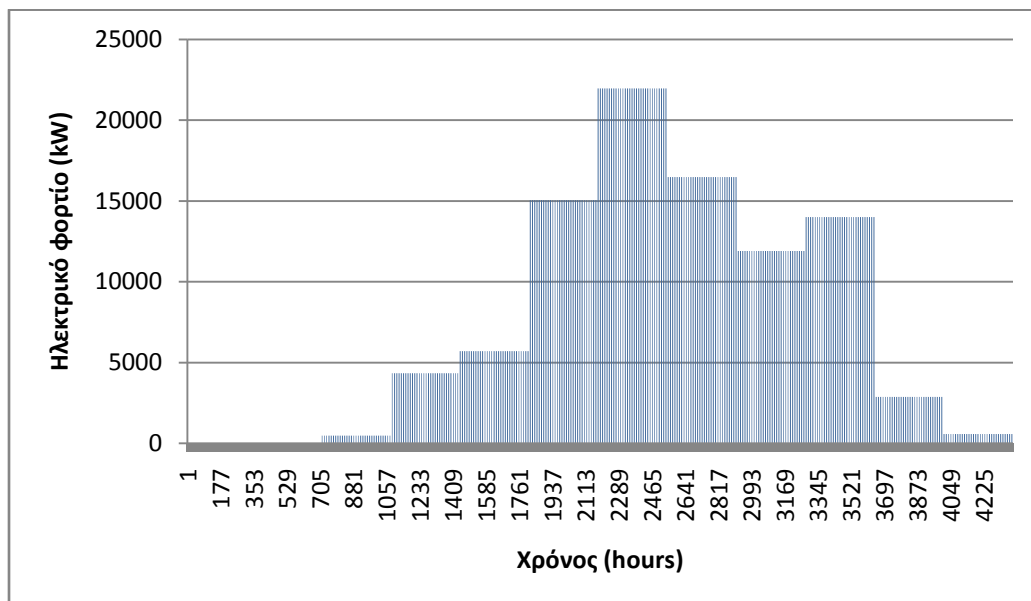
Εικόνα 4.5-2 Λιμάνι Ρόδου[24].

4.5.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.5-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

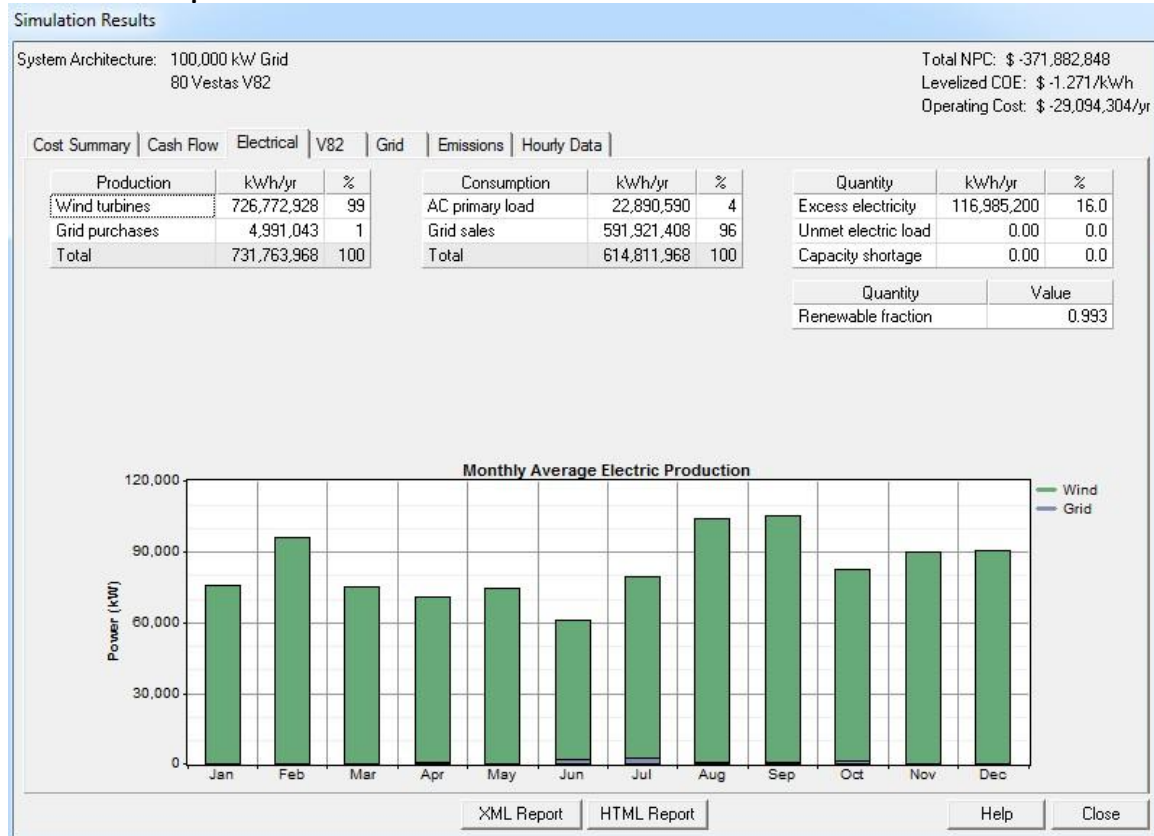
Στην εικόνα 4.5-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.5-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

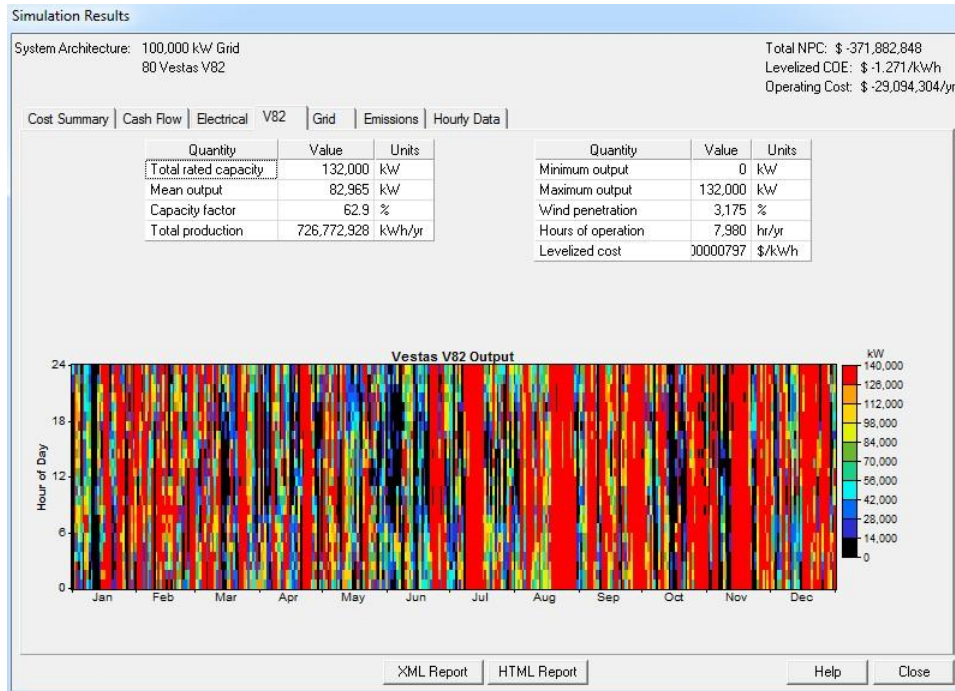
Η εικόνα 4.5-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.5.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.5-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.5-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (99%, 726.772.928kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι πολύ μικρό (1%, 4.991.043kWh/yr).



Εικόνα 4.5-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.5-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
80 Vestas V82

Total NPC: \$ -371,882,848
Levelized COE: \$ -1.271/kWh
Operating Cost: \$ -29,094,304/yr

Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased (kWh)	Sold (kWh)	Purchases (kWh)	Demand (kW)	Charge (\$)	Charge (\$)
Jan	0	46,601,496	-46,601,496	0	-2,330,075	0
Feb	0	52,484,120	-52,484,120	0	-2,624,206	0
Mar	12,877	46,878,904	-46,866,028	479	-2,342,658	0
Apr	234,892	42,033,792	-41,798,900	4,340	-2,078,201	0
May	198,518	46,847,584	-46,649,066	5,699	-2,322,528	0
Jun	1,316,502	35,366,488	-34,049,986	15,059	-1,636,674	0
Jul	1,629,829	46,122,868	-44,493,040	21,977	-2,143,161	0
Aug	326,275	61,246,944	-60,920,668	16,488	-3,029,720	0
Sep	223,713	60,105,024	-59,881,312	11,907	-2,982,880	0
Oct	927,344	48,256,828	-47,329,484	14,006	-2,320,107	0
Nov	112,615	51,047,780	-50,935,164	2,879	-2,541,128	0
Dec	8,477	54,929,560	-54,921,084	569	-2,745,630	0
Annual	4,991,043	591,921,408	-586,930,368	21,977	-29,096,966	0

XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 4.5-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.5-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και τους αλλά και τον Οκτώβριο καθώς εκείνη την περίοδο παρατηρείται και η μεγαλύτερη ενεργειακή ζήτηση.



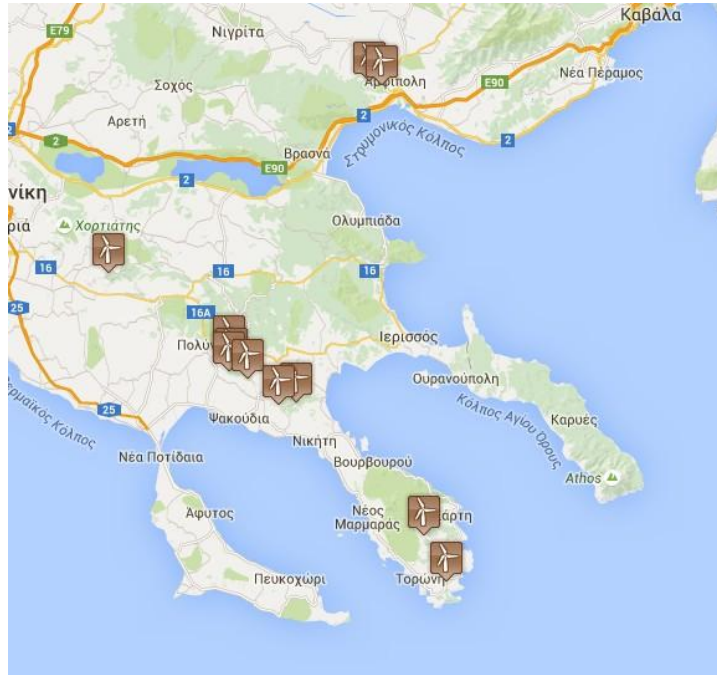
Εικόνα 4.5-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.5-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.6 ΛΙΜΑΝΙ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Βρίσκεται στο εσώτατο σημείο του Θερμαϊκού κόλπου, στο βόρειο τμήμα της ανατολικής Μεσογείου, προς τα δυτικά του κέντρου της πόλης της Θεσσαλονίκης. Η προσέγγιση των πλοίων πραγματοποιείται με φυσικό κανάλι μεγάλου βάθους το οποίο δεν χρειάζεται εκβάθυνση. Καταλαμβάνει χώρο έκτασης 1,5 εκατομμύρια τμ και εκτείνεται σε μήκος 3,5 χιλιομέτρων. Οι εγκαταστάσεις του περιλαμβάνουν έξι προβλήτες, κρηπιδώματα μήκους 6200 μέτρων με βύθισμα της θάλασσας έμπροσθεν αυτών έως 12 μέτρα και κλειστούς και ανοικτούς αποθηκευτικούς χώρους συνολικής επιφάνειας 600.000 τμ.[20] Για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού χρησιμοποιούμε

ενέργεια που προέρχεται από αιολικά πάρκα της βορείου Ελλάδος συνολικής ισχύος 253,4 MW (154 ανεμογεννήτριες).



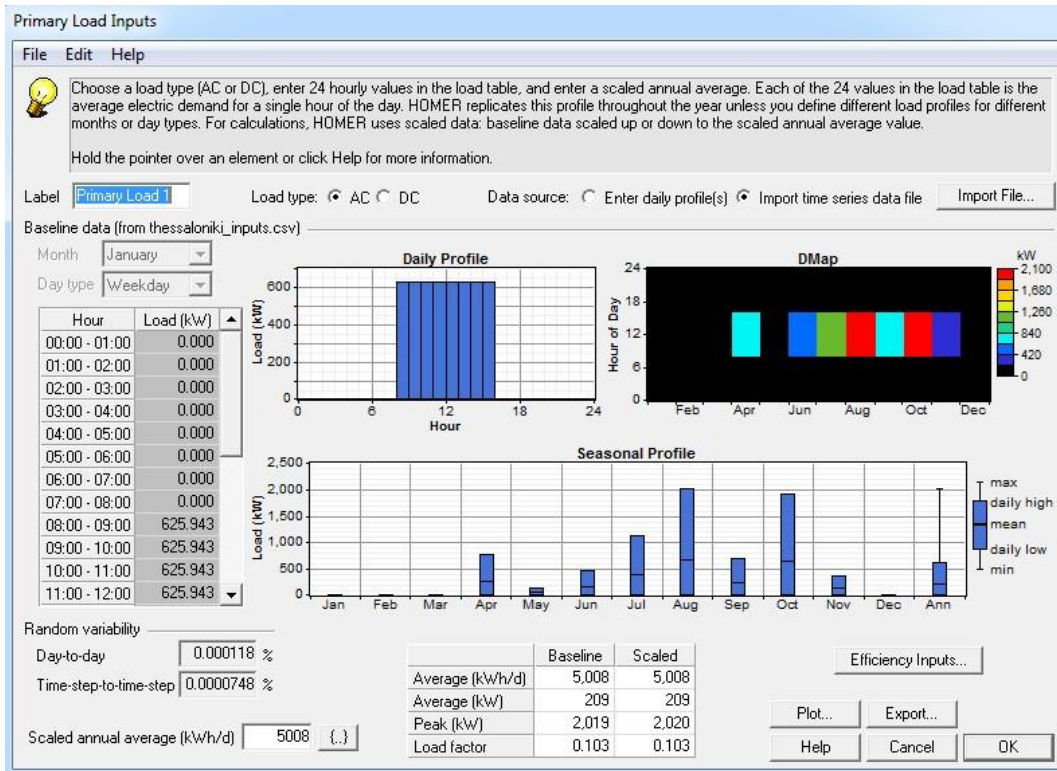
Εικόνα 4.6-1 Αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.6-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι της Θεσσαλονίκης, ενώ στην εικόνα 4.6-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



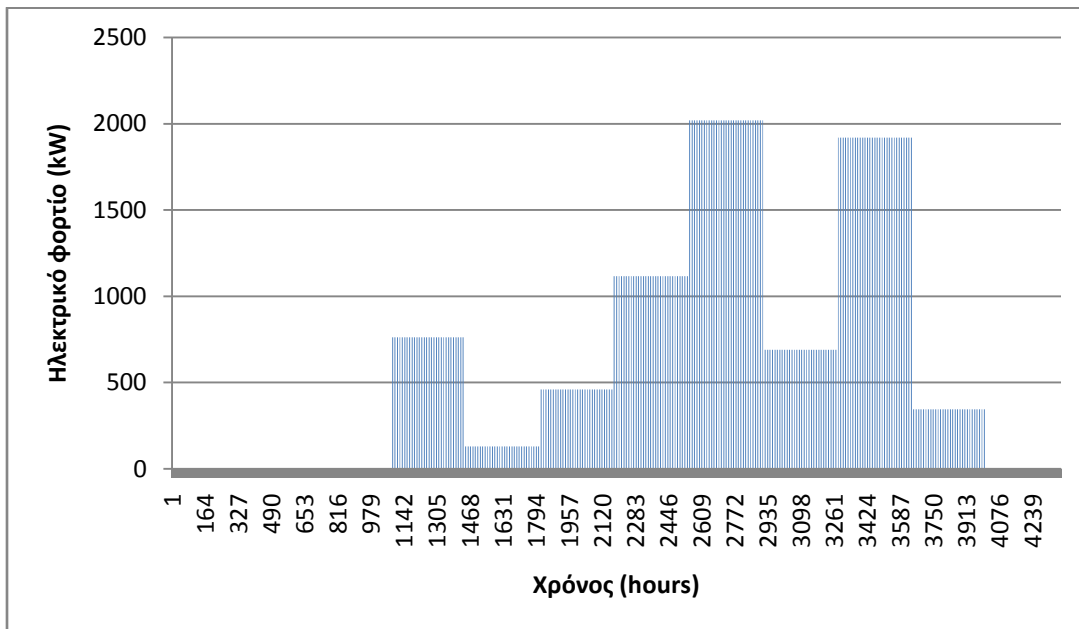
Εικόνα 4.6-2. Λιμάνι Θεσσαλονίκης[24].

4.6.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.6-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

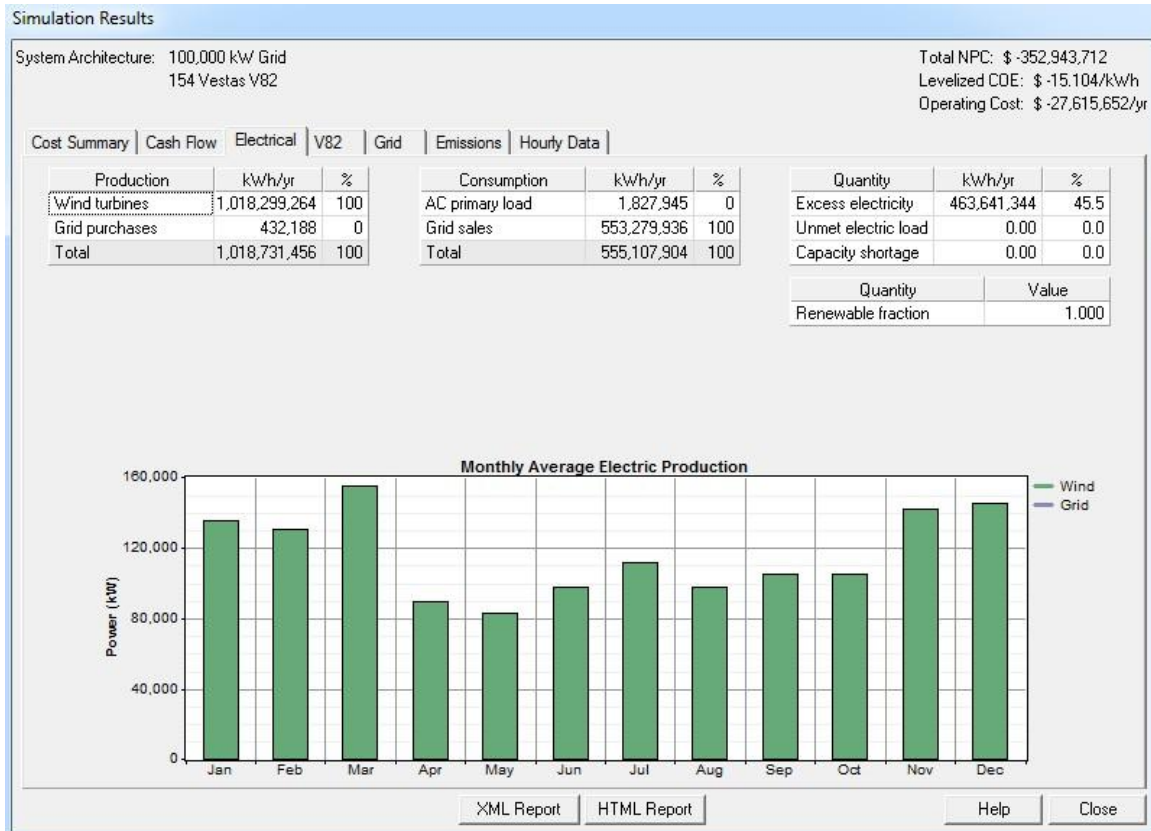
Στην εικόνα 4.6-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.6-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

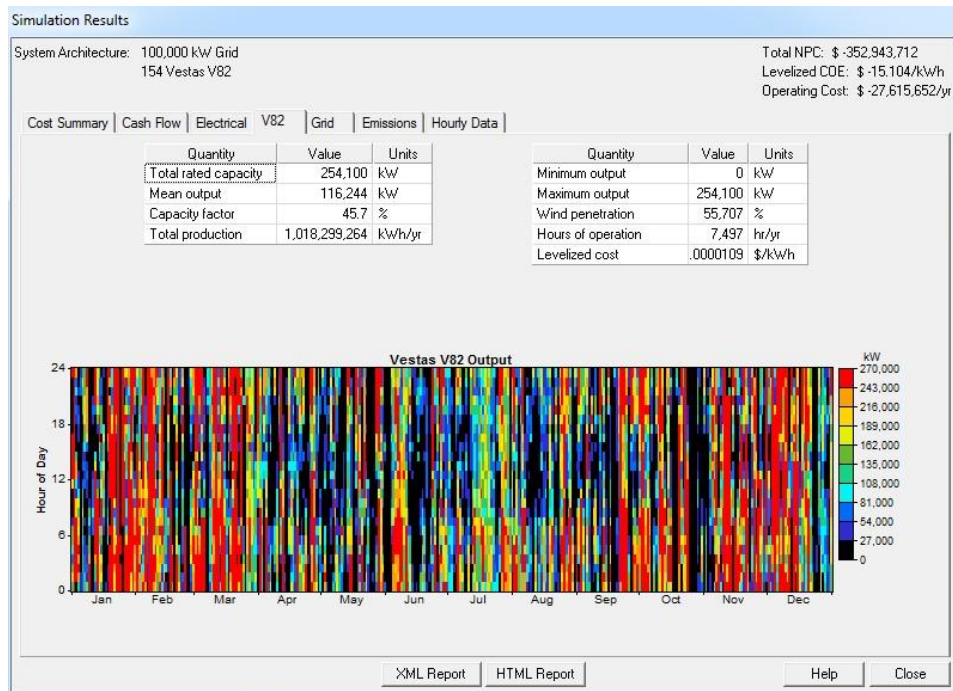
Η εικόνα 4.6-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.6.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.6-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.6-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (100%, 1.018.299.264 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι αμελητέο (0%, 432.188 kWh/yr).



Εικόνα 4.6-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.6-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
154 Vestas V82

Total NPC: \$ -352,943,712
Levelized COE: \$ -15,104/kWh
Operating Cost: \$ -27,615,652/yr

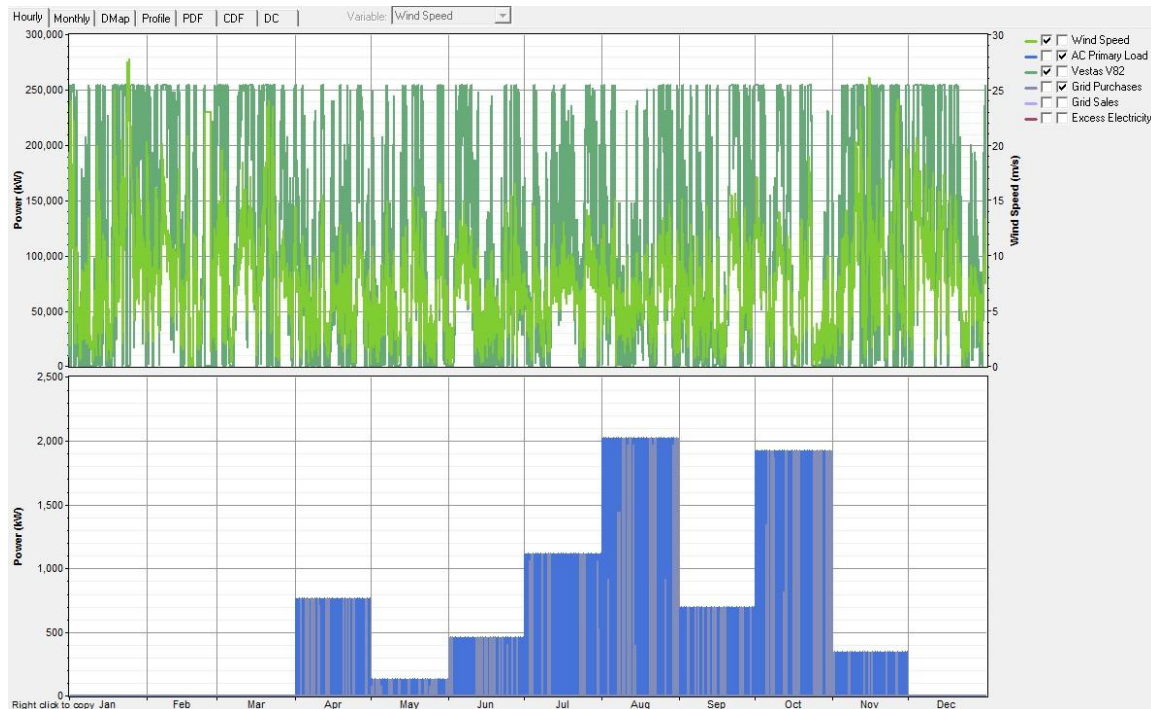
Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased (kWh)	Sold (kWh)	Purchases (kWh)	Demand (kW)	Charge (\$)	Charge (\$)
Jan	0	49,983,104	-49,983,104	0	-2,499,155	0
Feb	0	44,924,716	-44,924,716	0	-2,246,236	0
Mar	0	56,967,180	-56,967,180	0	-2,848,359	0
Apr	41,478	40,066,408	-40,024,932	763	-1,999,173	0
May	7,533	36,300,552	-36,293,020	129	-1,814,274	0
Jun	25,052	41,040,072	-41,015,020	460	-2,049,498	0
Jul	38,220	51,923,476	-51,885,256	1,116	-2,592,352	0
Aug	88,405	43,763,092	-43,674,688	2,020	-2,179,314	0
Sep	42,105	41,540,540	-41,498,436	691	-2,072,817	0
Oct	177,696	39,966,256	-39,788,560	1,920	-1,980,543	0
Nov	11,699	51,013,964	-51,002,264	346	-2,549,528	0
Dec	0	55,790,584	-55,790,584	0	-2,789,529	0
Annual	432,188	553,279,936	-552,847,744	2,020	-27,620,778	0

XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 4.6-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.6-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε τον Αύγουστο και τον Οκτώβριο καθώς σε αυτούς τους μήνες πέρα από τη μεγάλη ζήτηση είχαμε και μικρή παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες.

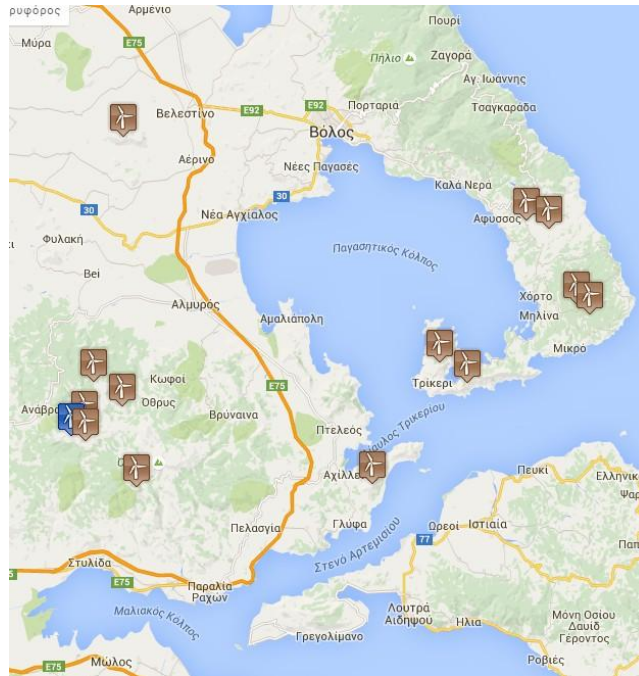


Εικόνα 4.6-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.6-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.7 ΛΙΜΑΝΙ ΒΟΛΟΥ

Το λιμάνι ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1893 και βρίσκεται μέσα στον ιστό της πόλης του Βόλου και καλύπτει έκταση περίπου 1000 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Διαθέτει τέσσερις προβλήτες, κτήρια διοικητικής και τεχνικής υποστήριξης, αποθήκες, υπόστεγα, ειδικό εξοπλισμό και λοιπές εγκαταστάσεις. Η ελλιμενισμένη θαλάσσια έκταση είναι 1.350 τ.χλμ.[21] Για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού χρησιμοποιούμε ενέργεια που προέρχεται από αιολικά πάρκα της ευρύτερης περιοχής συνολικής ισχύος 230,4 MW (140 ανεμογεννήτριες).



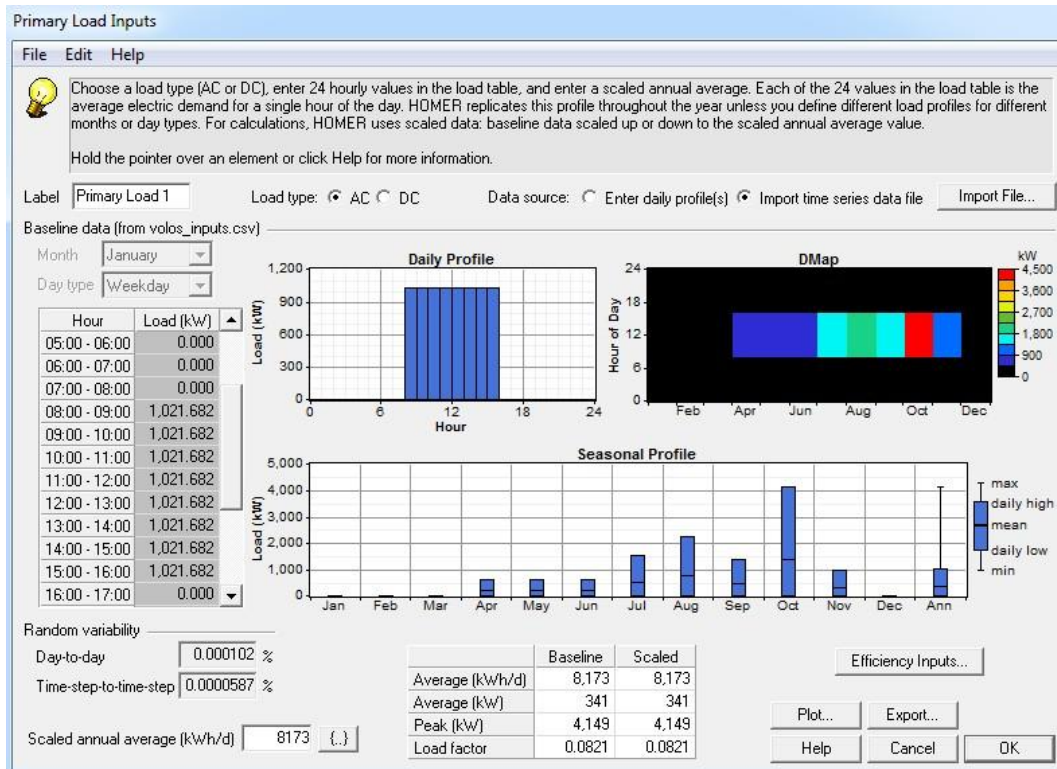
Εικόνα 4.7-1 Αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.7-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι της Θεσσαλονίκης, ενώ στην εικόνα 4.7-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



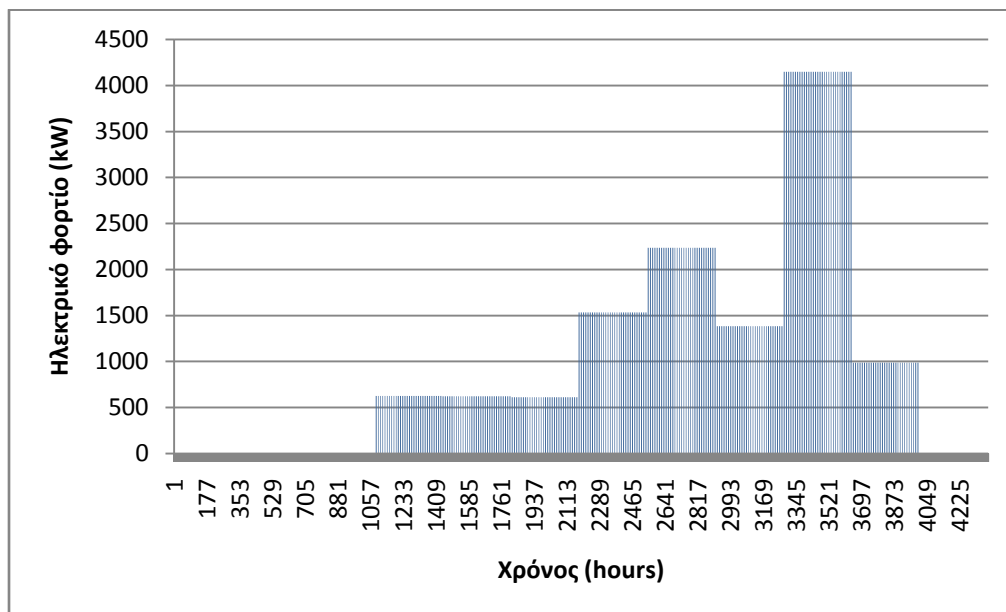
Εικόνα 4.7-2 Λιμάνι Βόλου[24].

4.7.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.7-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

Στην εικόνα 4.7-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.7-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

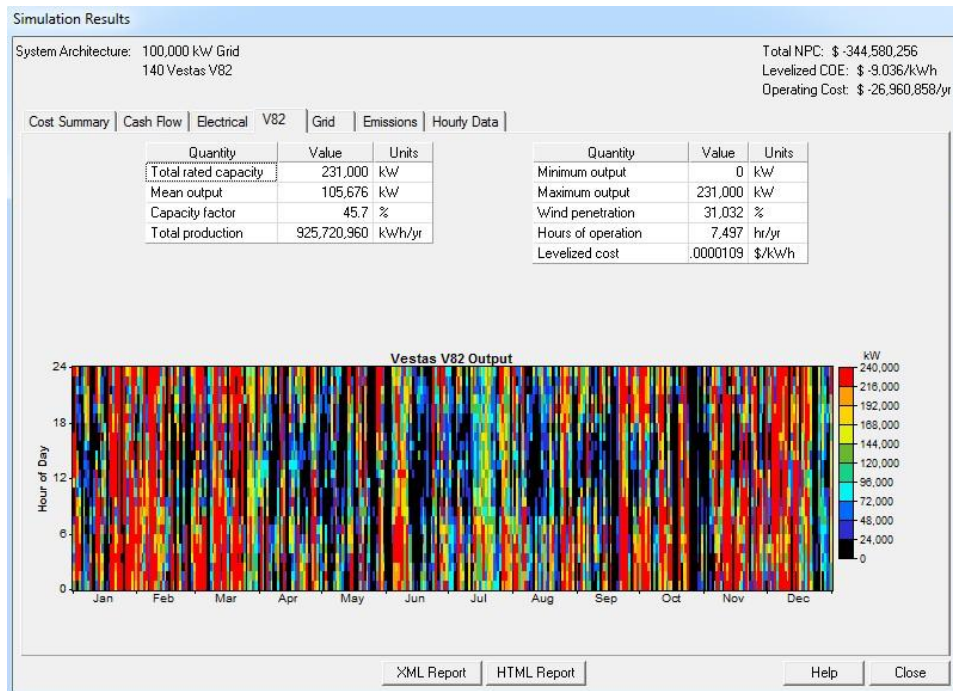
Η εικόνα 4.7-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.7.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.7-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.7-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (100%, 925.720.960 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι αμελητέο (0%, 801.023 kWh/yr).



Εικόνα 4.7-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.7-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
140 Vestas V82

Total NPC: \$ -344,580,256
Levelized COE: \$ -9.036/kWh
Operating Cost: \$ -26,960,858/yr

Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased (kWh)	Sold (kWh)	Purchases (kWh)	Demand (kW)	Charge (\$)	Charge (\$)
Jan	0	49,190,852	-49,190,852	0	-2,459,543	0
Feb	0	44,252,872	-44,252,872	0	-2,212,644	0
Mar	0	56,215,424	-56,215,424	0	-2,810,771	0
Apr	33,812	38,777,500	-38,743,688	625	-1,935,494	0
May	38,334	35,177,124	-35,138,788	621	-1,755,023	0
Jun	33,791	39,946,324	-39,912,532	610	-1,993,937	0
Jul	55,727	50,434,812	-50,379,084	1,534	-2,516,168	0
Aug	104,440	42,287,208	-42,182,768	2,235	-2,103,917	0
Sep	91,889	40,528,204	-40,436,316	1,383	-2,017,221	0
Oct	408,096	39,142,892	-38,734,796	4,149	-1,916,335	0
Nov	34,934	50,114,040	-50,079,104	988	-2,502,209	0
Dec	0	54,845,168	-54,845,168	0	-2,742,259	0
Annual	801,023	540,912,384	-540,111,360	4,149	-26,965,518	0

XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 4.7-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.7-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε τον Αύγουστο, τον Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο καθώς αυτούς τους μήνες πέρα από τη μεγάλη ζήτηση είχαμε και μικρή παραγωγή ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες.

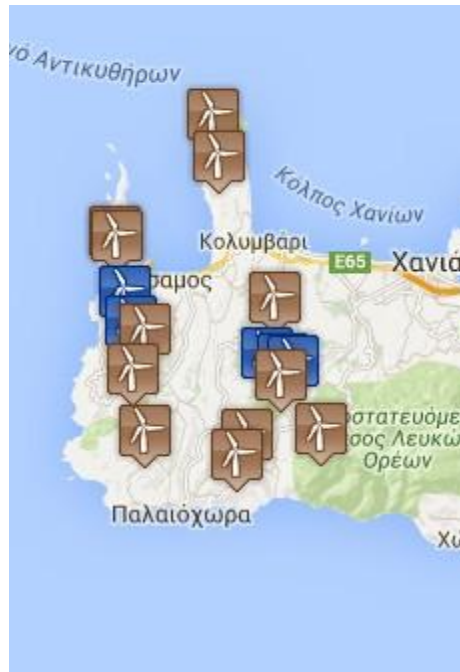


Εικόνα 4.7-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.7-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.8 ΛΙΜΑΝΙ ΧΑΝΙΩΝ

Η Σούδα είναι κωμόπολη της Περιφέρειας Κρήτης και απέχει από τα Χανιά 7 χιλιόμετρα. Είναι κτισμένη στα νοτιοδυτικά του Κόλπου της Σούδας και το λιμάνι της εξυπηρετεί πλοία εσωτερικού, καθώς και πλοία εξωτερικού, εμπορικά ή κρουαζιερόπλοια και είναι ένα από τα ασφαλέστερα λιμάνια της Μεσογείου. Το λιμάνι της Σούδας δέχθηκε 42 επισκέψεις κρουαζιερόπλοιων και καταναλώθηκε φορτίο 1210,79 MWh.[22] Για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού χρησιμοποιούμε ενέργεια που προέρχεται κυρίως από αιολικά πάρκα του δυτικού τμήματος του νομού συνολικής ισχύος 290,15 MW (176 ανεμογεννήτριες).



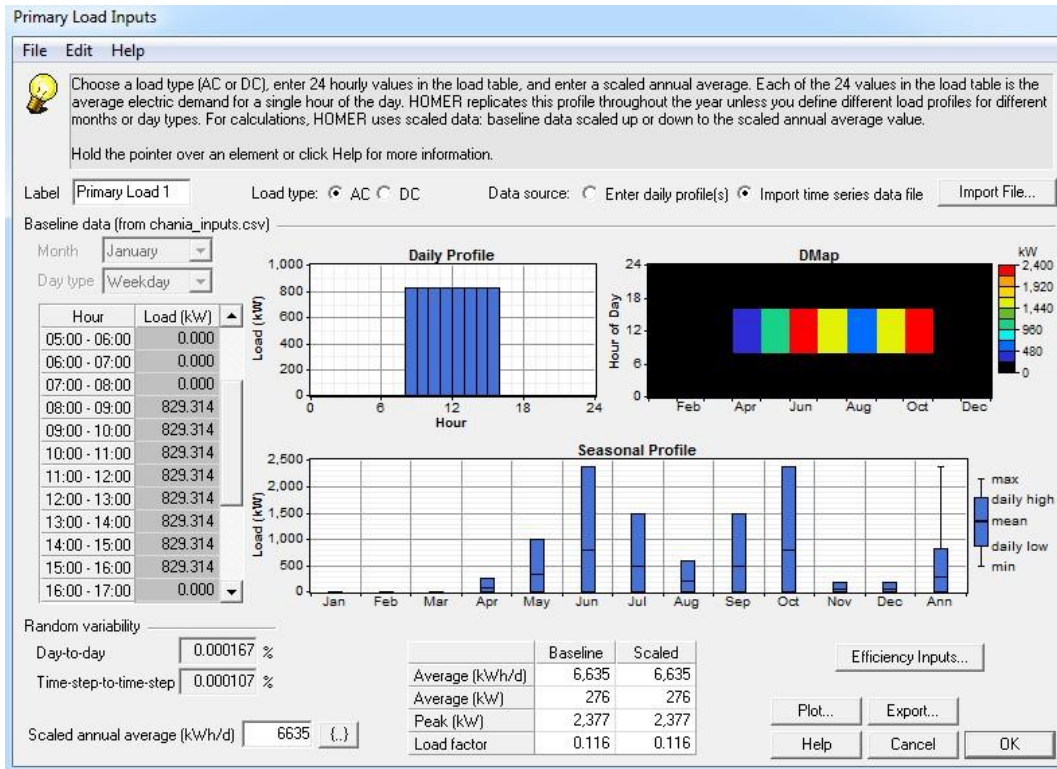
Εικόνα 4.8-1 Αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.8-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι της Σούδας, ενώ στην εικόνα 4.8-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



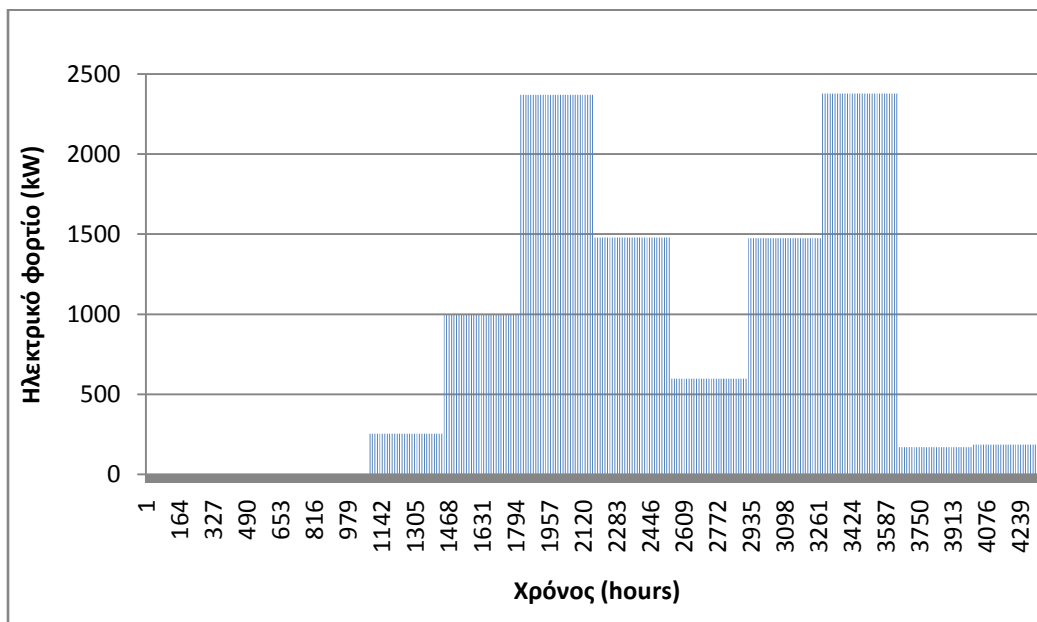
Εικόνα 4.8-2 Λιμάνι Σούδας[24].

4.8.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.8-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

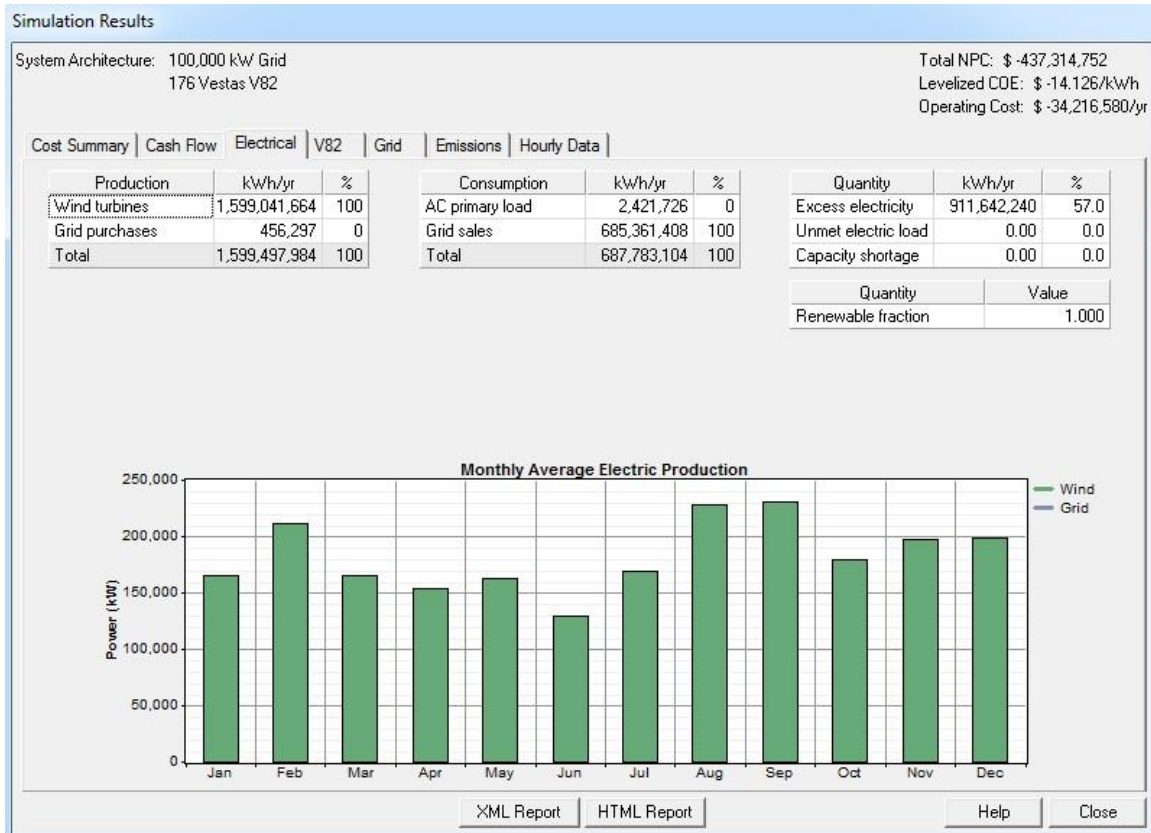
Στην εικόνα 4.8-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.8-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

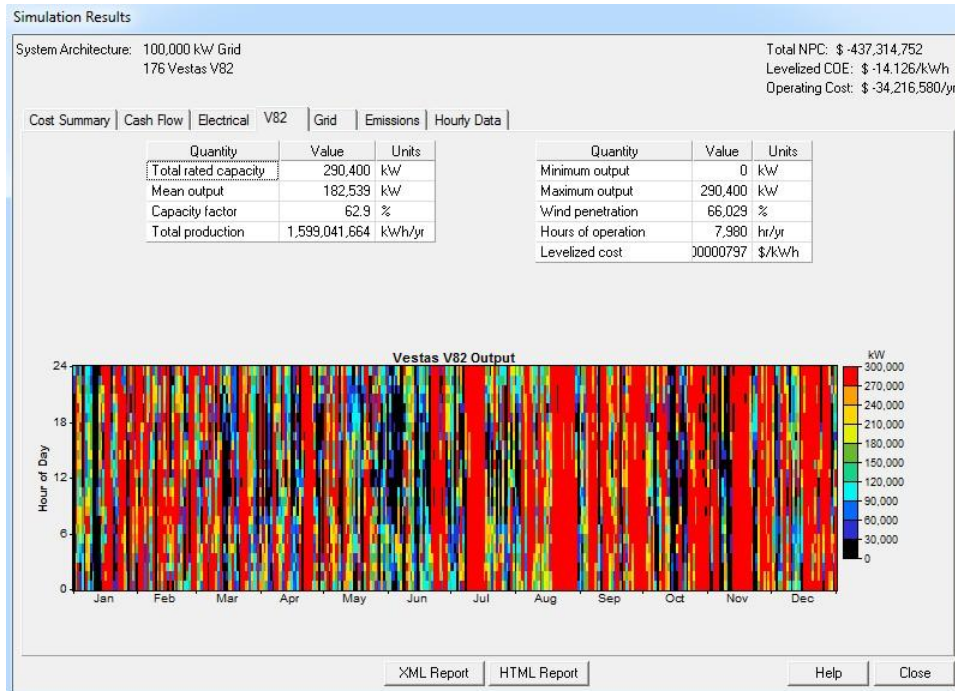
Η εικόνα 4.8-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.8.2 Αποτελέσματα



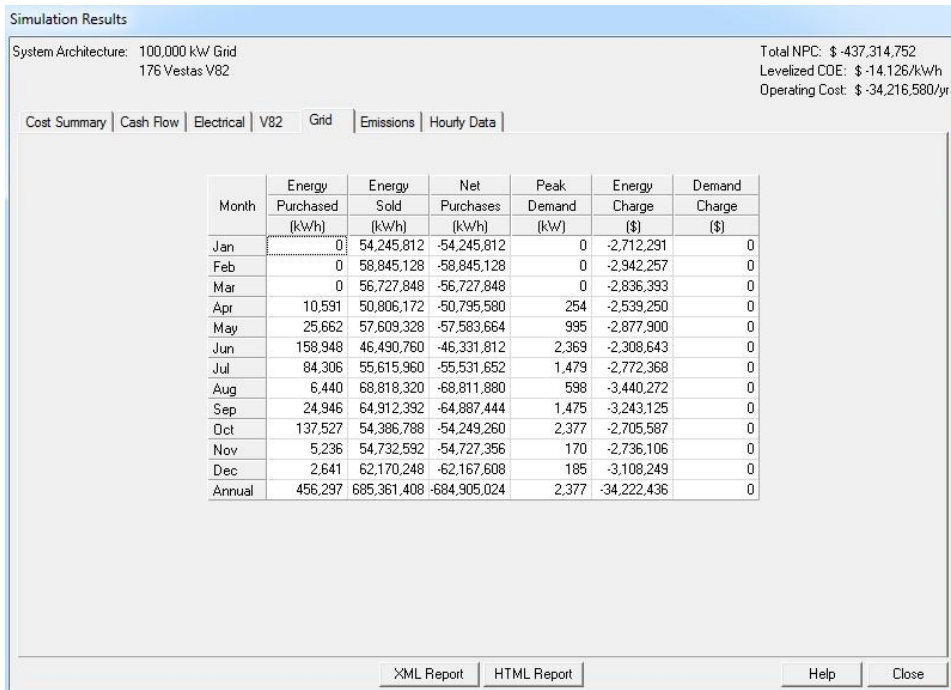
Εικόνα 4.8-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.8-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (100%, 1.599.041.664 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι αμελητέο (0%, 456.297 kWh/yr).



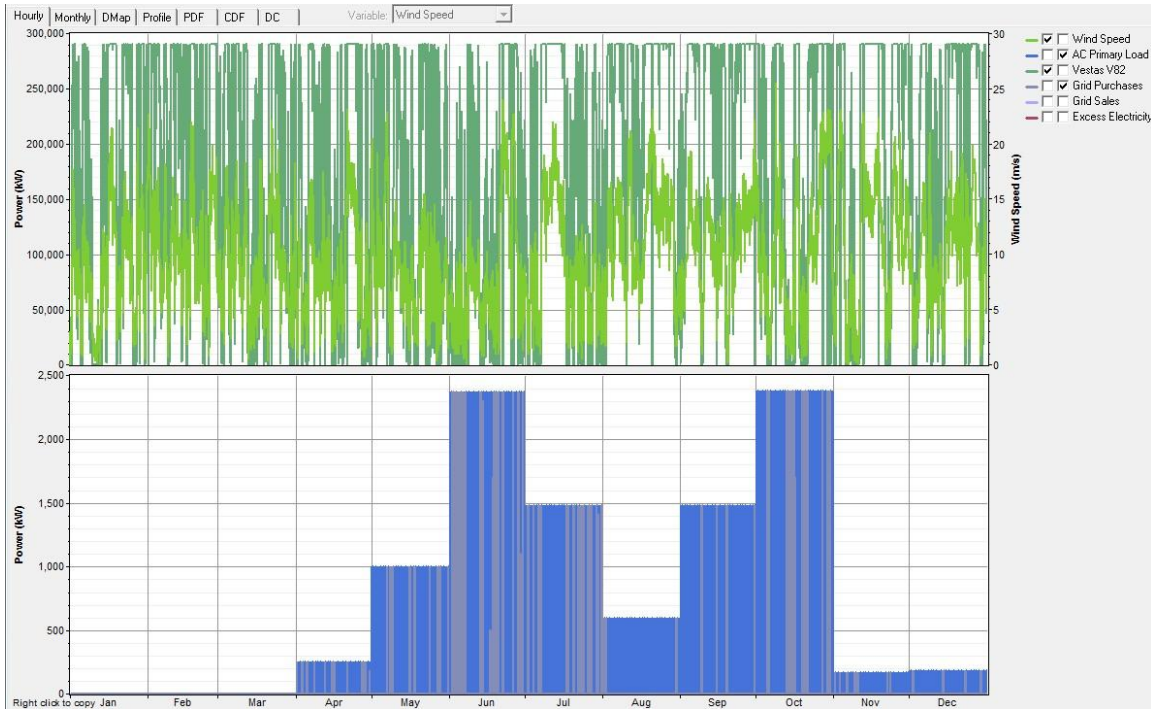
Εικόνα 4.8-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.8-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.



Εικόνα 4.8-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.8-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε τον Ιούλιο, τον Ιούνιο και τον Οκτώβριο καθώς εκείνη την περίοδο παρουσιάστηκε και η μεγαλύτερη ενεργειακή ζήτηση.



Εικόνα 4.8-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.8-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

4.9 ΛΙΜΑΝΙ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Το λιμάνι του Ηρακλείου χωρίζεται στο παλιό, ενετικό λιμάνι και στο νέο λιμάνι για επιβάτες και εμπορεύματα. Το ενετικό λιμάνι του Ηρακλείου σήμερα φιλοξενεί καΐκια και κότερα, ενώ το νέο, σύγχρονο λιμάνι επιβατών και εμπορευμάτων ξεκινά ανατολικά από το παλιό. Διαθέτει τρεις προβλήτες που μπορούν να φιλοξενηθούν με ασφάλεια ως και 5 κρουαζιερόπλοια, ενώ στις εγκαταστάσεις του επιβατικού σταθμού του λιμάνος μπορούν να εξυπηρετηθούν περισσότεροι από 10.000 επιβάτες και μέλη πληρώματος στην διάρκεια μιας ημέρας. Παράλληλα, υπάρχουν ειδικά οργανωμένοι και διαμορφωμένοι χώροι για στάθμευση των λεωφορείων και την ασφαλή πρόσβαση/επιβίβαση των επισκεπτών.[23] Για την ηλεκτροδότηση του λιμανιού

χρησιμοποιούμε ενέργεια που προέρχεται από αιολικά πάρκα του ίδιου νομού συνολικής ισχύος 384,4 MW (212 ανεμογεννήτριες).



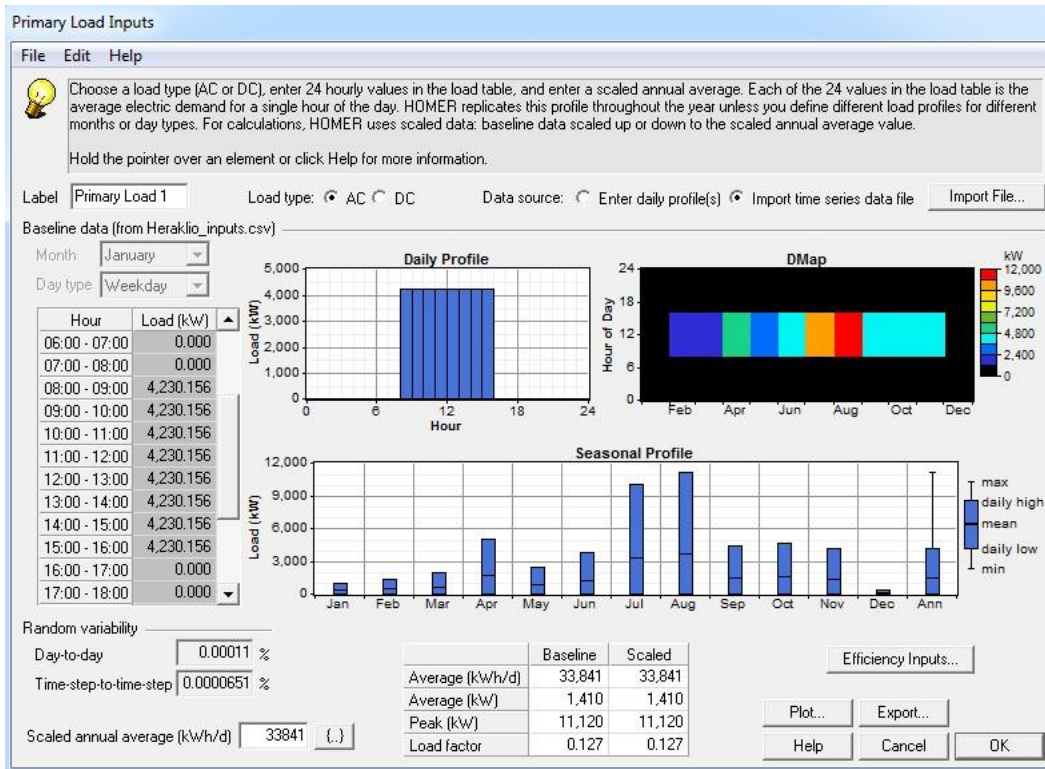
Εικόνα 4.9-1 Αιολικά πάρκα[25].

Στην εικόνα 4.9-1 παρατηρούμε τις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα που τροφοδοτούν με ενέργεια το λιμάνι του Ηρακλείου, ενώ στην εικόνα 4.9-2 εμφανίζεται πανοραμικά το συγκεκριμένο λιμάνι.



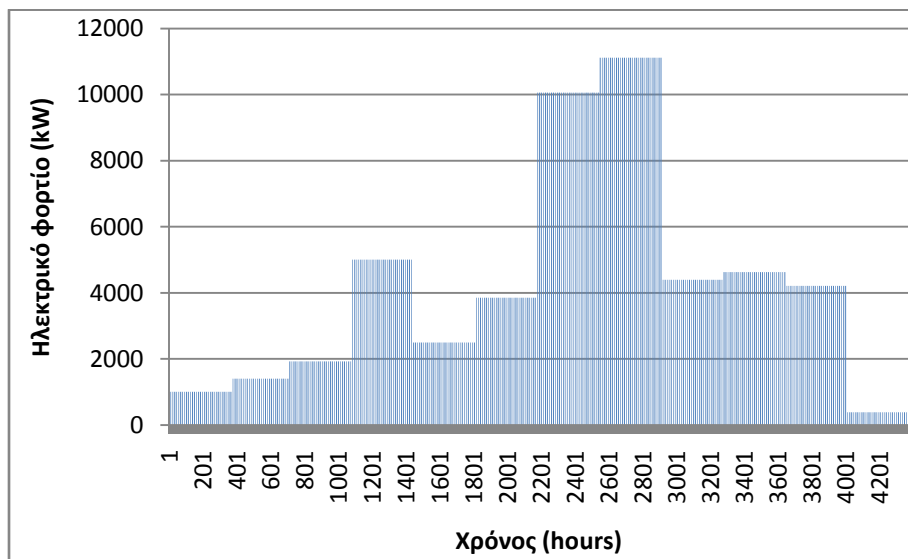
Εικόνα 4.9-2 Λιμάνι Ηρακλείου[24].

4.9.1 Εισαγωγή φορτίου



Εικόνα 4.9-3 Εισαγωγή ηλεκτρικού φορτίου.

Στην εικόνα 4.9-3 παρατηρούμε το ηλεκτρικό φορτίο που πρέπει να καλυφθεί για κάθε μήνα του έτους με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές του ενώ καταγράφονται και οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες κατά τις ώρες που τα κρουαζιερόπλοια είναι αγκυροβολημένα στο λιμάνι (8:00-16:00).



Εικόνα 4.9-4 Ηλεκτρικό φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

Η εικόνα 4.9-4 παρουσιάζει το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ηλεκτρικού φορτίου ανά δίωρο για ολόκληρο το έτος έτσι όπως το εισαγάγαμε στο πρόγραμμα HOMER με τον

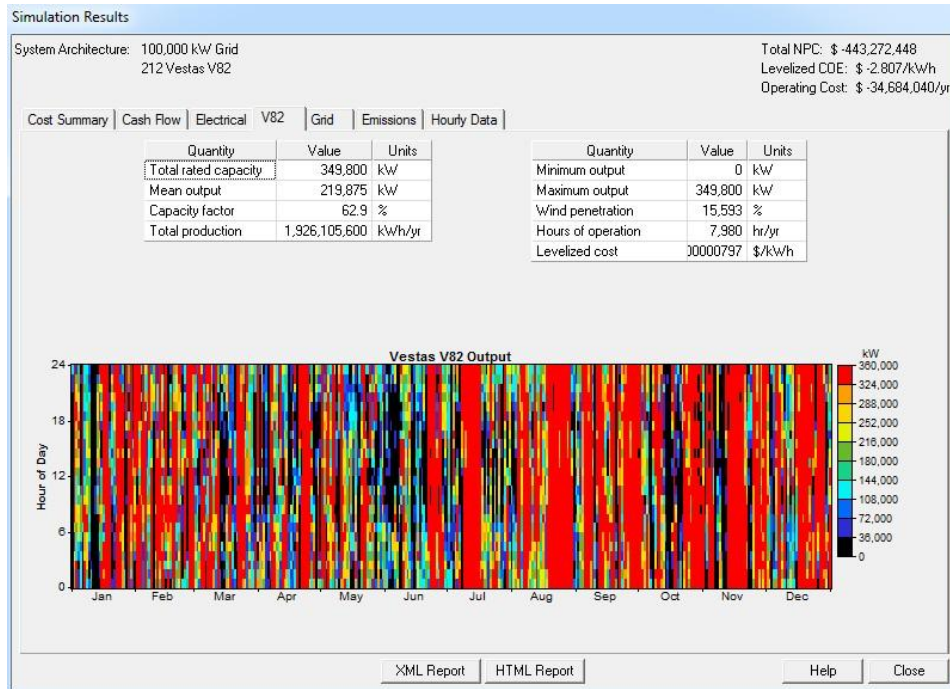
κατακόρυφο άξονα να αναφέρεται στο φορτίο σε kW και τον οριζόντιο στις ώρες του έτους.

4.9.2 Αποτελέσματα



Εικόνα 4.9-5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.9-5 παρουσιάζεται μηνιαία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματός μας. Το πράσινο χρώμα αναφέρεται στο ποσό ενέργειας που προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ με μπλε χρώμα αυτό του δικτύου. Βλέπουμε ότι σχεδόν όλο το φορτίο παραγωγής προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (100%, 1.926.105.600 kWh/yr) ενώ το φορτίο που προέρχεται από το δίκτυο είναι αμελητέο (0%, 2.028.678 kWh/yr).



Εικόνα 4.9-6 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.9-6 παρουσιάζεται το διάγραμμα που απεικονίζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες ανά μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια του έτους με το κάθε χρώμα να αντιπροσωπεύει και το αντίστοιχο ποσό ενέργειας που παράγεται σύμφωνα με την κλίμακα που απεικονίζεται δεξιά του διαγράμματος.

Simulation Results

System Architecture: 100,000 kW Grid
212 Vestas V82

Total NPC: \$ -443,272,448
Levelized COE: \$ -2.807/kWh
Operating Cost: \$ -34,684,040/yr

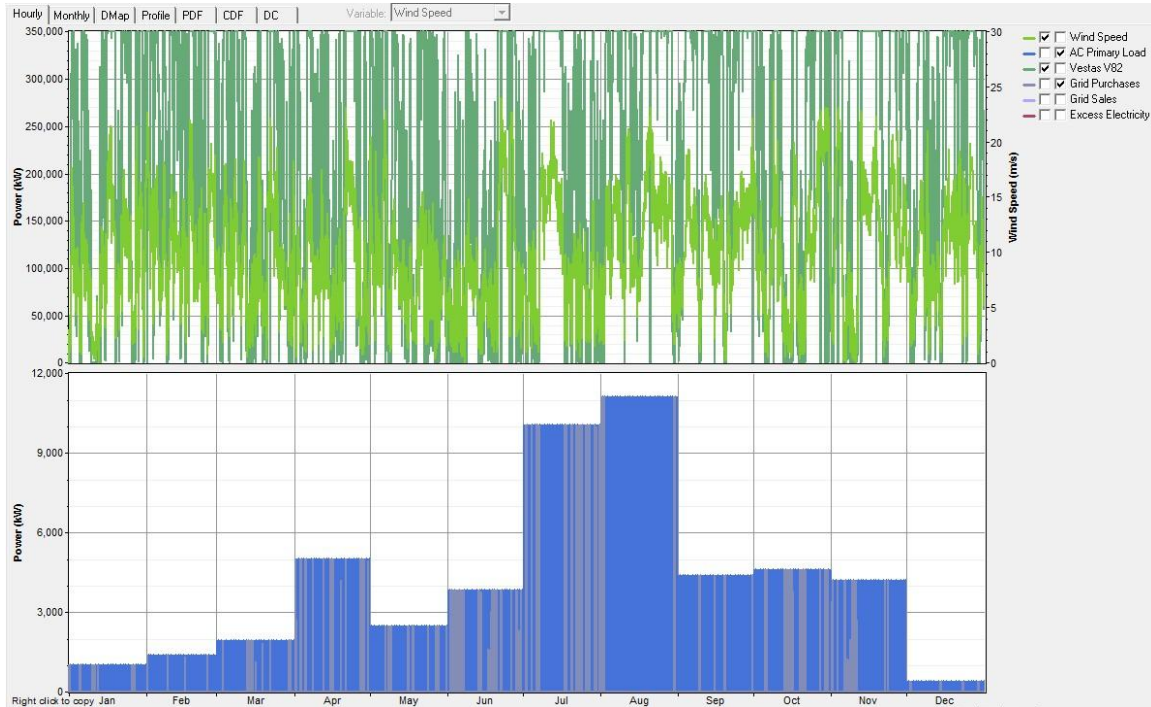
Cost Summary | Cash Flow | Electrical | V82 | Grid | Emissions | Hourly Data

Month	Energy		Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	35,422	55,258,328	-55,222,904	1,006	-2,759,374	0
Feb	18,548	59,594,068	-59,575,520	1,400	-2,977,849	0
Mar	54,452	58,419,964	-58,365,512	1,927	-2,915,553	0
Apr	258,527	52,153,404	-51,894,876	5,003	-2,581,818	0
May	67,800	59,229,188	-59,161,388	2,502	-2,954,680	0
Jun	264,654	48,127,384	-47,862,728	3,896	-2,379,904	0
Jul	628,727	56,502,036	-55,873,308	10,063	-2,762,229	0
Aug	189,046	69,369,312	-69,180,264	11,120	-3,449,561	0
Sep	76,804	65,461,348	-65,384,544	4,401	-3,265,387	0
Oct	273,978	55,222,792	-54,948,812	4,627	-2,733,742	0
Nov	155,120	55,260,484	-55,105,364	4,216	-2,747,512	0
Dec	5,599	63,280,924	-63,275,324	384	-3,163,486	0
Annual	2,028,678	697,879,232	-695,850,496	11,120	-34,691,096	0

XML Report HTML Report Help Close

Εικόνα 4.9-7 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Στην εικόνα 4.9-7 απεικονίζονται τα ποσά της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράστηκαν από το διασυνδεδεμένο δίκτυο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανεπαρκής και τα ποσά που πουλήθηκαν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περισσότερη από αυτή που χρειαζόταν το σύστημά μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας αγοράστηκε κατά τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Οκτώβριο λόγω της αυξημένης ενεργειακής ζήτησης.



Εικόνα 4.9-8 Αποτελέσματα προσομοίωσης.

Τέλος παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα (εικόνα 4.9-8) στο οποίο, στο πάνω μέρος εμφανίζεται η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες του συστήματος (ανοιχτό πράσινο χρώμα) σε αντιστοιχία με την ταχύτητα του ανέμου (σκούρο πράσινο χρώμα), ενώ στο κάτω εμφανίζεται η ενέργεια που αγοράζεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο (γκρι χρώμα) σε αντιστοιχία με την ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα (μπλε χρώμα) για όλες τις ώρες του χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΕΝΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΞΗΡΑ (COLDIRONING)

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μέθοδος ηλεκτροδότησης των ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων από τη στεριά με την ενέργεια που παράγεται κυρίως από τις ανεμογεννήτριες αλλά και από το δίκτυο, οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν τα λιμάνια, τα τοπικά δίκτυα ηλεκτροδότησης αλλά και τα ίδια τα πλοία και ο απαραίτητος εξοπλισμός που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 5.1 Σύνδεση καλωδίων πλοίου από τη στεριά[4].

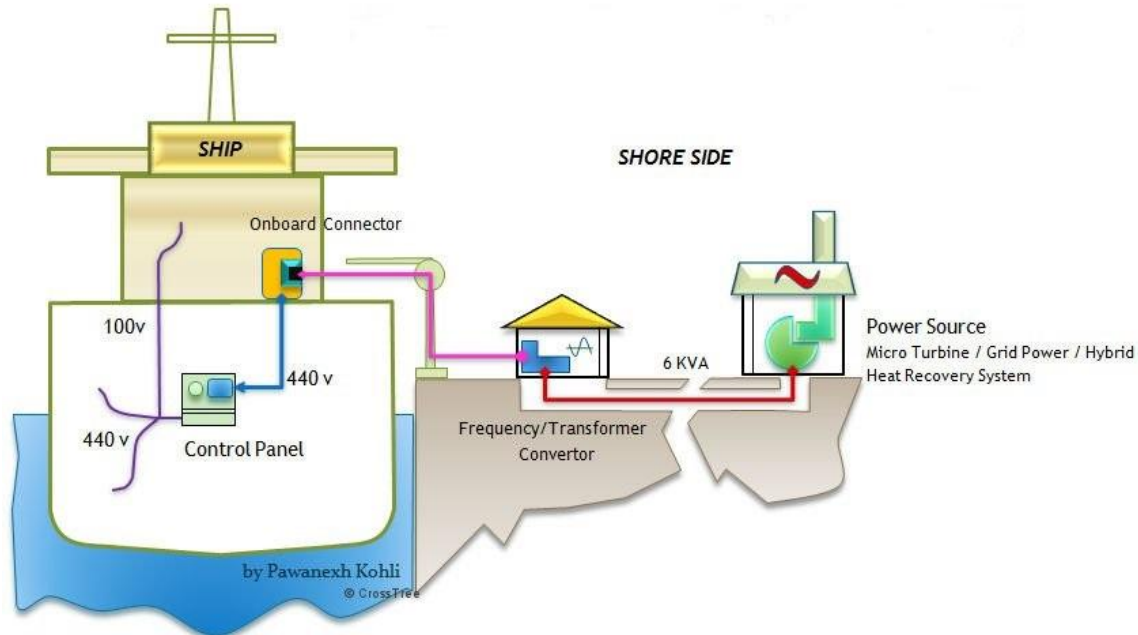
5.1 Μέθοδος ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά.

Η ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων από τη ξηρά (ColdIroning) επιτρέπει στα πλοία να απενεργοποιήσουν τους πετρελαιοκινητήρες τους κατά τη διάρκεια παραμονής τους στο λιμάνι. Η απενεργοποίηση αυτή όλων των μηχανών εσωτερικής καύσης του πλοίου έδωσε στο όνομα της μεθόδου τον όρο "cold" καθώς εκτός από το ότι εκμηδενίζονται οι εκπομπές, μειώνεται και η θερμοκρασία του πλοίου.[13] Με τη χρήση της μεθόδου μειώνεται σημαντικά η ρύπανση στα λιμάνια σαν αποτέλεσμα της απαλλαγής από το σύνολο των εκπεμπόμενων ρύπων από τις ηλεκτρογεννήτριες των πλοίων. Πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη, η διαδικασία αυτή έχει αναπτυχθεί και με σκοπό την εξοικονόμηση καυσίμου και την καλύτερευση των συνθηκών εργασίας και ζωής των εργαζομένων στα λιμάνια και των κατοίκων των γύρω περιοχών.

Η παροχή ενέργειας από την ξηρά γίνεται για την κάλυψη των εξής αναγκών ηλεκτροδότησης του πλοίου κατά την παραμονή του στο λιμάνι:

- Φορτοεκφόρτωση
- Ανεφοδιασμός
- Φωτισμός
- Κλιματισμός
- Θέρμανση
- Λοιπά ηλεκτρονικά συστήματα του πλοίου

Χωρίς την χρήση της μεθόδου, οι παραπάνω λειτουργίες απαιτούν την κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων βαρέων καυσίμων προκαλώντας σημαντική αέρια ρύπανση.



Εικόνα 5.2 Παρουσίαση εγκατάστασης για την ηλεκτροδότηση πλοίου από την ξηρά.

5.2 Προϋποθέσεις

Για τη λειτουργία της μεθόδου υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν τα λιμάνια, τα τοπικά δίκτυα ηλεκτροδότησης αλλά και τα ίδια τα πλοία. Στην περίπτωση των πλοίων και των λιμανιών απαιτείται ο κατάλληλος εξοπλισμός που είναι ο εξής:

- Σταθμός παροχής ενέργειας.
- Μετατροπέας τάσης και συχνότητας.
- Εξοπλισμός για τη μεταφορά της ενέργειας.
- Εγκατάσταση διασύνδεσης και διαχείρισης ενέργειας πάνω στο πλοίο.

Σε ότι αφορά το δίκτυο ηλεκτροδότησης σημασία έχουν τα μεγέθη τάσης και συχνότητας που επηρεάζουν άμεσα τη συμβατότητα.

5.3 Εξοπλισμός

- 1) Μετασηματιστής
- 2) Διακόπτης στον μετασηματιστή για προστασία του εξερχόμενου καλωδίου
- 3) Καλώδια και αγωγοί
- 4) Εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας
- 5) Σύνδεση καλωδίων με τα πλοία
- 6) Εξοπλισμός πλοίων

Μετασηματιστής: Χρησιμοποιείται για την ανύψωση ή την υποβίβαση της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Στην περίπτωσή μας ο μετασηματιστής μετατρέπει την υψηλή

τάση σε μέτρια τάση έτσι ώστε η ενέργεια να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες του πλοίου[13].

Διακόπτης στον μετασχηματιστή για προστασία του εξερχόμενου καλωδίου: Σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας ο Διακόπτης είναι ο συνδυασμός των ασφαλειών ή διακοπών ενός κυκλώματος που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο, την προστασία και την απομόνωση των ηλεκτρικών συσκευών[13]. Χρησιμοποιείται τόσο ως μηχανισμός απενεργοποίησης, όσο και για τον καθαρισμό βλαβών. Ο εξοπλισμός αυτός είναι σημαντικός γιατί είναι απευθείας συνδεδεμένος με την αξιοπιστία της παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας. Τυπικά ο διακόπτης βρίσκεται σε κάθε μια από τις δύο πλευρές (υψηλής και χαμηλής τάσης) των μεγάλων μετασχηματιστών. Τέλος προστατευτική μετεγκατάσταση απαιτείται για την προστασία του μετασχηματιστή και των καλωδίων τροφοδοσίας.

Καλώδια και αγωγοί: Το καλώδιο είναι μία κατασκευή που σκοπό έχει την μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος ή μηχανικών δυνάμεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερα σύρματα, συνήθως πλέγματα το ένα γύρω από το άλλο. Όλα τα είδη ηλεκτρικών καλωδίων αποτελούνται από έναν χαμηλής αντίστασης ηλεκτρικό αγωγό, που μεταφέρει το ρεύμα, και την μόνωση του, η οποία εμποδίζει την άμεση επαφή του με γειτονικά αντικείμενα και τον προστατεύει από επικίνδυνη γειτνίαση του με αυτά.[13] Η ανάγκη παροχής επαρκούς ηλεκτρικής μόνωσης, η οποία θα επιτρέψει την μεταφορά θερμότητας μέσω αγωγής και την διάχυση αυτής, θέτει τεχνολογικές προκλήσεις στον τομέα των υψηλών τάσεων. Χάρη στην εξωτερική μόνωση το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να μεταφερθεί μέσα από αυτό με ασφάλεια.

Εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας: Οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται στην άκρη κάθε λιμανιού και είναι διασυνδεδεμένες με τους κοντινούς διακόπτες. Αφού τοποθετηθούν κατάλληλα τα καλώδια σε αυτές τις εγκαταστάσεις, αφαιρούνται κάποια κλειδιά. Τα κλειδιά αυτά χρησιμοποιούνται σε κατάλληλες κλειδαριές πάνω στο διακόπτη για το διαδοχικό έλεγχο του εξοπλισμού και των μηχανημάτων καθώς και την διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας.

Σύνδεση καλωδίων με τα πλοία:

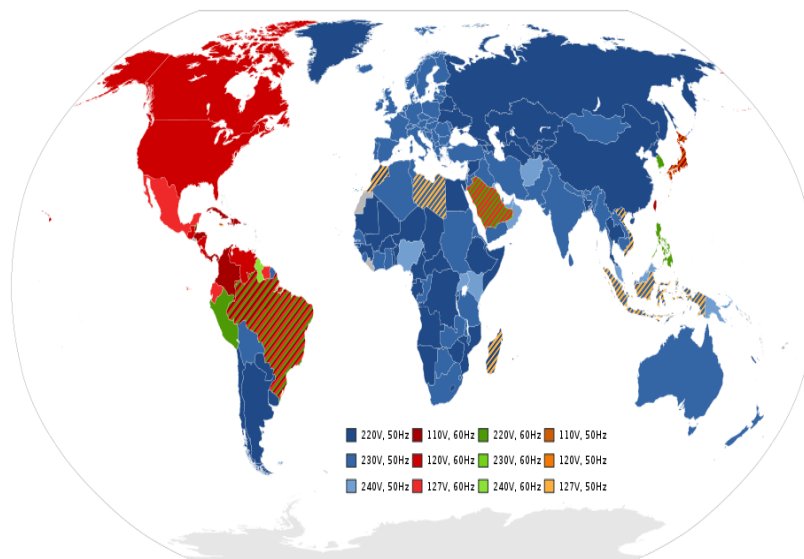
- i. Χρήση γερανού. ο γερανός βρίσκεται στην άκρη του λιμανιού, τα καλώδια τα οποία έρχονται από την εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας μεταφέρονται μέσω του γερανού στο πλοίο έτσι ώστε μετά να τοποθετηθούν.
- ii. Η ανύψωση των καλωδίων τροφοδοσίας μέσω τρεχούμενου γερανοφόρου οχήματος. Το όχημα καταφθάνει τον ελλιμενισμό του πλοίου και συνδέεται μέσω καλωδίων με την εγκατάσταση υποδοχής καλωδίων τροφοδοσίας. Στη συνέχεια, αφού αγκυροβολήσει το πλοίο, μέσω του συστήματος ανύψωσης μεταφέρει τα καλώδια.
- iii. Μεταφορά καλωδίων πάνω στο πλοίο. Τα καλώδια βρίσκονται πάνω στο πλοίο και όταν αυτό αγκυροβολήσει στο λιμάνι ξετυλίγονται και συνδέονται στις εγκαταστάσεις υποδοχής.

Εξοπλισμός πλοίων: Ο εξοπλισμός των πλοίων είναι ανάλογος με αυτών των λιμανιών, δηλαδή υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες ο μετασχηματιστής και το σύστημα καλωδίων μπορεί να βρίσκεται είτε στο πλοίο είτε στην στεριά. Ωστόσο, είναι ευρέως αποδεκτό πλέον ότι ο παραπάνω εξοπλισμός θα πρέπει να βρίσκεται στα πλοία έτσι ώστε να

λυθούν λειτουργικά θέματα όπως ο τρόπος μεταφοράς και σύνδεσης των καλωδίων με τα πλοία. Τέλος, όσον αφορά τον συγχρονισμό της ενέργειας στο πλοίο για να γίνει η μετάβαση από την ηλεκτροδότηση του πλοίου από τους κινητήρες, στην ηλεκτροδότηση από την ξηρά, χρησιμοποιείται μια από τις ακόλουθες δύο μεθόδους. Η εσωτερική ηλεκτροδότηση του πλοίου μπορεί να απενεργοποιηθεί και να γίνει η σύνδεση με την ηλεκτροδότηση από την ξηρά ή το πλοίο μπορεί να παραμείνει ενεργοποιημένο και συγχρονισμένο με την ενέργεια από την στεριά για μια ασφαλέστερη μεταφορά ενέργειας χωρίς αυξομειώσεις. Στα κρουαζιερόπλοια η αναγκαία ασφαλέστερη παροχή είναι κρίσιμη λόγω των επιπτώσεων στα συστήματα του πλοίου σε περίπτωση απώλειας ενέργειας[13].

5.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου

Τα οφέλη από την εφαρμογή της μεθόδου υπερτερούν σε σχέση με τα μειονεκτήματα. Περιβαλλοντικές μελέτες παρουσιάζουν το δυναμικό μείωσης των εκπομπών από την εφαρμογή ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά σε μια ποικιλία τύπων πλοίων και λιμανιών. Παράλληλα η βελτίωση των συνθηκών εργασίας στο λιμάνι έχει βοηθήσει την αποτελεσματικότητα του προσωπικού και τη μείωση στις δαπάνες για την υγεία. Για τους φορείς εκμετάλλευσης λιμένων από την άλλη πλευρά, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε ελλιμενισμένα πλοία έχει δημιουργήσει πρόσθετα έσοδα, ενώ συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου εντοπίζονται κυρίως σε τεχνικά και οικονομικά προβλήματα. Το κόστος της υποδομής, συμπεριλαμβανομένων των καλωδίων, των συστημάτων χειρισμού, των διακοπών, και των μετασχηματιστών είναι ιδιαίτερα υψηλό. Η έλλειψη έως και σήμερα μιας τυποποιημένης μεθόδου, ευρέως αποδεκτής, έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα στην διασύνδεση των πλοίων με την ξηρά.



Εικόνα 5.3 Χρησιμοποιούμενη τάση και συχνότητα ανά τον κόσμο[7].

Η τάση, η συχνότητα του ρεύματος και τέλος οι εγκαταστάσεις κάθε λιμανιού είναι διαφορετικές σε κάθε χώρα με αποτέλεσμα την μη τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας όλων των τύπων πλοίων. Όσον αφορά την τάση κάθε χώρα έχει διαφορετική ονομαστική τάση λειτουργίας (εικόνα 5.3) η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται για την διασύνδεση πλοίου – λιμανιού. Έτσι η τάση που χρησιμοποιείται για την μεταφορά της ενέργειας δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα πλοία. Γενικά η πρωτοβάθμια τάση διανομής παίρνει τιμές 11000V , 6600 V , 660 V και 400 V ενώ η τάση που εφαρμόζουν τα πλοία διαμορφώνεται από 110 – 220 V. Επίσης η χρήση διαφορετικών συχνοτήτων αποτελεί σημαντικό εμπόδιο με το κόστος μετατροπής να είναι ιδιαίτερα υψηλό (π.χ. 60 Hz αντί των 50 Hz με το κόστος μετατροπής στην περίπτωση αυτή να είναι της τάξης 300.000 – 500.000 ευρώ) [12]). Τέλος, εμπόδιο αποτελεί το μέγεθος των ενεργειακών απαιτήσεων από κάθε είδος πλοίων και κυρίως μεγάλων ποντοπόρων πλοίων και κρουαζιερόπλοιων στα οποία οι ενεργειακές απαιτήσεις φτάνουν να είναι της τάξεως 10 MW. Στην περίπτωση όπου έχουμε έναν μεγάλο αριθμό ελλιμενισμένων πλοίων τα οποία επιλέγουν την τροφοδότηση μέσω της ξηράς τότε είναι προφανές ότι δεν θα μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες και οι απαιτήσεις όλων των πλοίων. Έτσι υπάρχουν περιπτώσεις, κυρίως σε μεγάλα λιμάνια, η ριζική αναδιάρθρωση του τοπικού δικτύου ακόμα και η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας[28].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ

6.1 Διαδικασία εκτίμησης εκπεμπόμενων ρύπων

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η αναλυτική μεθοδολογία εκτίμησης των εκπεμπόμενων ρύπων συναρτήσει των φάσεων λειτουργίας ενός πλοίου. Η μεθοδολογία αυτή πρέπει να εφαρμόζεται όταν είναι διαθέσιμα λεπτομερή δεδομένα των φάσεων λειτουργίας του πλοίου και λεπτομερή τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου, όπως είναι το μέγεθος και η τεχνολογία των κινητήρων, η εγκατεστημένη ισχύς, το χρησιμοποιούμενο είδος καυσίμων, οι ώρες σε κάθε δραστηριότητα. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία υπολογίζει τις συνολικές εκπομπές σε ένα ταξίδι, αθροίζοντας τις επιμέρους εκπομπές από κάθε φάση λειτουργίας του πλοίου με την ακόλουθη σχέση:

$$E_{\text{Πλήρες Ταξίδι}} = E_{\text{Αγκυροβόλιο}} + E_{\text{Ελιγμοί}} + E_{\text{Πλεύση}}$$

Ένα πλήρες αρχείο καταγραφών περιλαμβάνει το άθροισμα όλων των εκπομπών από όλα τα ταξίδια του συνόλου των πλοίων κατά τη διάρκεια του έτους. Στην πράξη, μπορεί τα δεδομένα που συλλέγονται να αφορούν σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των ταξιδιών κάποιων πλοίων, κατά τη διάρκεια μιας αντιπροσωπευτικής περιόδου του έτους. Στην περίπτωση αυτή, προκειμένου να υπολογιστούν οι συνολικές εκπομπές, ανάγονται οι εκπομπές του δείγματος στο σύνολο των πλοίων που εξετάζονται για έναν ολόκληρο χρόνο. Δύο διαφορετικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των εκπομπών: η μία λαμβάνει υπόψη της την κατανάλωση καυσίμων και η άλλη την εγκατεστημένη ισχύ. Όταν η κατανάλωση καυσίμου για κάθε φάση λειτουργίας είναι γνωστή, τότε οι εκπομπές ενός ρύπου i μπορούν να υπολογιστούν για ένα ταξίδι από τη σχέση:

$$E_{\text{Trip},i,j,m} = \sum_p (FC_{j,m,p} \times EF_{i,j,m,p})$$

όπου:

E_{Trip} = άθροισμα όλων των εκπομπών σε ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους)

FC = η κατανάλωση καυσίμου (σε τόνους)

EF = συντελεστής εκπομπών (kg/ τόνο)

i = ρύπος

j = τύπος του κινητήρα (χαμηλής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας ντιζελοκινητήρες, τουρμπίνες αεριοστροβίλων και ατμοστροβίλων)

m = τύπος καυσίμου (μαζούτ πλοίων, ντίζελ πλοίων/ πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων (MDO/MGO), βενζίνη)

p = φάση λειτουργίας του πλοίου (πλεύση, ελιγμοί, στο αγκυροβόλιο)

Απαιτούνται τα ακόλουθα βήματα για την εκτίμηση των εκπομπών μέσω της κατανάλωσης καυσίμου. Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις κατά τις οποίες διατίθενται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου σε κάθε φάση λειτουργίας του πλοίου:

1. Καταγραφή της κατανάλωσης καυσίμου για κάθε επιμέρους δραστηριότητα του πλοίου, για κάθε τύπο κινητήρα και για κάθε είδος καυσίμων. Αυτό μπορεί να γίνει για ολόκληρο το έτος ή ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του έτους, για όλα τα πλοία ή για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των πλοίων και για κάθε συνδυασμό κινητήρα / καυσίμου.

Αυτή η επιλογή θα εξαρτηθεί από τους διαθέσιμους πόρους και την απαιτούμενη ακρίβεια της μελέτης.

2. Υπολογισμός των εκπομπών ανάλογα με την κατηγορία πλοίου και τον τύπο κινητήρα και καυσίμου πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση με τους αντίστοιχους για κάθε καύσιμο συντελεστές εκπομπών.

Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμου για κάθε φάση, εφαρμόζεται η παρακάτω διαδικασία με βάση την εγκατεστημένη ισχύ και το χρόνο που δαπανάται στις διάφορες φάσεις λειτουργίας του πλοίου, προκειμένου να υπολογιστούν οι εκπεμπόμενοι ρύποι, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$E_{\text{Trip},i,j,m} = \sum_p [T_p \times \sum_e (P_e \times L_{F_e} \times E_{F_{e,i,j,m,p}})]$$

όπου:

E_{Trip} = συνολικές εκπομπές σε ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους)

E_F = συντελεστής εκπομπών (kg/kW)

L_F = συντελεστής φορτίου του κινητήρα (%)

P = ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW)

T = χρόνος (ώρες)

e = κατηγορία κινητήρα (κύριος, βοηθητικός)

i = ρύπος (NOX, SOX, PM)

j = τύπο του κινητήρα (χαμηλής, μέσης και υψηλής ταχύτητας ντιζελοκινητήρες,

τουρμπίνες αεριοστροβίλων και ατμοστροβίλος)

m = τύπος καυσίμου (μαζούτ πλοίων, ντίζελ πλοίων/πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων πετρέλαιο, βενζίνη)

p = φάση λειτουργίας του πλοίου (πλεύση, ελιγμοί, στο αγκυροβόλιο)

Ο χρόνος πλεύσης, εάν είναι άγνωστος, μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$T_{\text{πλεύσης}} \text{ (hr)} = \text{Διανυόμενη Απόσταση (km)} / \text{Μέση Ταχύτητα Πλεύσης (km/hr)}$$

Τα ακόλουθα βήματα απαιτούνται για την εκτίμηση των εκπομπών μέσω της ισχύος του κινητήρα:

1. Καταγραφή των δεδομένων κίνησης του πλοίου: τόπος αναχώρησης, τόπος άφιξης, ώρα αναχώρησης και ώρα άφιξης για κάθε πλοίο. Αυτό μπορεί να γίνει για ολόκληρο το έτος ή ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του έτους για όλα τα πλοία ή για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των πλοίων. Αυτή η επιλογή θα εξαρτηθεί από τη διαθέσιμη πληροφορία και την απαιτούμενη ακρίβεια της μελέτης.

2. Προσδιορισμός των ακριβών δρομολογίων και των αποστάσεων μεταξύ των λιμένων. Αυτό μπορεί να υπολογιστεί με χρήση κατάλληλων πινάκων ή από ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών GIS (Geographical Information System) αν διατίθεται.

3. Ταξινόμηση κάθε πλοίου ανά κατηγορία και τύπο κινητήρα/καυσίμου που χρησιμοποιεί και καταγραφή της εγκατεστημένης κύριας και βοηθητικής ισχύος του κινητήρα κάθε πλοίου. Μια βάση δεδομένων που παρέχει πληροφορίες για το μέγεθος και τον τύπο κινητήρα κάθε πλοίου είναι χρήσιμη. Ένα τέτοιο μητρώο του εθνικού στόλου θα πρέπει να είναι διαθέσιμο στις περισσότερες χώρες, αλλά συνήθως καλύπτει μόνο τα πλοία υπό την σημαία του ίδιου κράτους. Η βάση δεδομένων Lloyds παρέχει τις σχετικές πληροφορίες για όλα τα πλοία με μέγεθος μεγαλύτερο από 100 Gross Tonnage.

4. Προσδιορισμός του συνολικού χρόνου πλεύσης για κάθε κατηγορία πλοίου και συνδυασμό τύπου κινητήρα/καυσίμου, είτε με βάση την απόσταση και τη μέση ταχύτητα πλεύσης είτε με βάση την ώρα αναχώρησης και άφιξης. Η επιλογή πρέπει να βασίζεται στην αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων.

5. Προσδιορισμός του συνολικού χρόνου στο αγκυροβόλιο και του χρόνου ελιγμών για κάθε κατηγορία πλοίων και συνδυασμό τύπου κινητήρα/καυσίμου με βάση τα δεδομένα από τις Λιμενικές Αρχές.

6. Υπολογισμός των εκπομπών για κάθε κατηγορία πλοίου και συνδυασμό τύπου κινητήρα/καυσίμου πολλαπλασιάζοντας το συνολικό χρόνο που δαπανάται σε κάθε φάση, όπως έχει προσδιοριστεί στα προηγούμενα βήματα 4 και 5 με βάση την εγκατεστημένη ισχύ των κύριων και βοηθητικών μηχανών, όπως αυτή καθορίστηκε στο βήμα 3, και με τους συντελεστές φορτίου της κάθε μηχανής (με % του χρόνου λειτουργίας) και με τους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπών[10].

6.2 Υπολογισμοί

Η εκτίμηση, βάσει δραστηριοτήτων, των εκπομπών των πλοίων περιλαμβάνει την εφαρμογή των συντελεστών εκπομπών σε κάθε δραστηριότητα του πλοίου. Ως συντελεστής εκπομπών σε κάθε δραστηριότητα ορίζεται μια αντιπροσωπευτική τιμή που επιχειρεί να συσχετίσει την εκπεμπόμενη ποσότητα με την λειτουργία των κινητήρων του πλοίου κατά τη διάρκεια της εν λόγω δραστηριότητας. Για τις εκπομπές εντός λιμένας, καταρτίζεται για κάθε πλοίο μια ανάλυση των κινήσεων του ανάλογα με τον τύπο λειτουργίας (δηλαδή λειτουργία κατά την εκτέλεση ελιγμών ή λειτουργία σε θέση αγκυροβολίας), με έναν αντιπροσωπευτικό τύπο και μέγεθος κινητήρα εν λειτουργία για κάθε κίνηση εντός του λιμένα. Επίσης, καταγράφεται ο συντελεστής φορτίου του κάθε κινητήρα, το είδος του καυσίμου που καταναλώνεται και το χρόνο που βρίσκεται το κάθε πλοίο σε κάθε φάση λειτουργίας. Η λειτουργία εκτέλεσης ελιγμών αναφέρεται στην κίνηση του πλοίου με χαμηλή ταχύτητα μεταξύ της εισόδου/εξόδου του λιμανιού και του σημείου όπου αγκυροβολεί το πλοίο, ενώ λειτουργία σε θέση αγκυροβολίας, αναφέρεται στην λειτουργία του πλοίου στη θέση στάσης του μέσα στο λιμάνι.

6.3 Λεπτομέρειες μηχανής και χρόνοι ελιγμών και ελλιμενισμού

Χρησιμοποιήθηκαν οι κατάλογοι πλοίων Lloyd, ώστε με βάση το όνομα και τον τύπο του σκάφους, να ληφθούν στοιχεία για τους κύριους (ME) και βοηθητικούς (AE) κινητήρες για όλα τα κρουαζιερόπλοια που δραστηριοποιούνται στα λιμάνια που εξετάζονται.

Τα κρουαζιερόπλοια έχουν συγκεκριμένους προβλήτες αγκυροβολίας το καθένα, εντός του κάθε λιμένα. Η γνώση του προβλήτα αγκυροβολίας κάθε πλοίου, υπήρξε αναγκαία για τον υπολογισμό της απόστασης που διανύει το κάθε πλοίο από την είσοδο του λιμανιού μέχρι το σημείο αγκυροβολίας. Ο χρόνος ελιγμών υπολογίζεται ως το άθροισμα του λόγου της απόστασης που διήνυσε το πλοίο μεταξύ του σημείου εισόδου/ εξόδου στο λιμάνι και του σημείου αγκυροβολίας προς τη μέση ταχύτητα που αναπτύσσει το πλοίο μέσα στο λιμάνι (τα εισερχόμενα πλοία έχουν μια μέση ταχύτητα πέντε (5) κόμβων και τα εξερχόμενα οκτώ (8) κόμβων), συν 9 λεπτά ακόμα (6 λεπτά που χρειάζεται το πλοίο για να δέσει και 3 λεπτά για να λύσει κάβους). Οι χρόνοι ελιγμών που υπολογίζονται από τις μέσες τιμές ταχυτήτων εισερχόμενων και εξερχόμενων πλοίων και τους μέσους

χρόνους πρόσδεσης/ λύσης κάβων είναι πιο λειτουργικοί, δεδομένου ότι βρίσκονται κοντά στους πραγματικούς στις περισσότερες περιπτώσεις και επίσης αντισταθμίζουν ακραίες διακυμάνσεις. Οι χρόνοι ελιγμών των κρουαζιερόπλοιων σε κάθε λιμάνι εκτιμήθηκαν με αυτόν τον τρόπο. Ο χρόνος σε θέση αγκυροβολίας είναι επίσης γνωστός ως χρόνος "φιλοξενίας" (hotelling time), δεδομένου ότι σε θέση αγκυροβολίας οι περισσότερες απαιτήσεις ισχύος σχετίζονται με τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες που προσφέρει εκεί το πλοίο. Ο χρόνος σε θέση αγκυροβολίας αρχίζει όταν ένα πλοίο δένει στον προβλήτα και τελειώνει όταν αφήνει το αγκυροβόλιο. Ο χρόνος σε θέση αγκυροβολίας για τα κρουαζιερόπλοια ήταν συγκεκριμένος για το καθένα ξεχωριστά[10].

6.5 Εφαρμογή της υπολογιστικής μεθόδου

Σκοπός της υπολογιστικής μεθόδου είναι ο υπολογισμός της αέριας ρύπανσης(NO_x , SO_2 , PM) εντός των λιμανιών από τα κρουαζιερόπλοια. Προκειμένου να υπολογιστούν οι ρύποι, χρησιμοποιήθηκε η παραπάνω μεθοδολογία υπολογισμού, λαμβάνοντας υπόψη ξεχωριστά τις καταστάσεις λειτουργίας των κρουαζιερόπλοιων. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε για το έτος 2014. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τα δρομολόγια και τις ώρες παραμονής των κρουαζιερόπλοιων στο λιμένα, συγκεντρώθηκαν έπειτα από συνεργασία με το κάθε λιμάνι χωριστά, ενώ τα περισσότερα τεχνικά χαρακτηριστικά συλλέχθηκαν σε συνεργασία με επισκευαστική εταιρία πλοίων, η οποία διαθέτει τη βάση δεδομένων IHS(sea-web).

6.5.1 Ετήσιες εκπομπές κρουαζιερόπλοιων για το έτος 2014

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε για όλα τα λιμάνια της διπλωματικής για το έτος 2014, υπολογίζοντας τις εκπομπές αέριων ρύπων (NO_x , SO_2 , PM_2) Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τους υπολογισμένους ρύπους ανά λιμάνι:

ΛΙΜΑΝΙΑ	NO_x	SO_2	PM	ΣΥΝΟΛΟ
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	477,323	190,79	23,602	691,715
ΚΕΡΚΥΡΑ	205,478	85,569	10,802	301,849
ΡΟΔΟΣ	173,211	62,787	6,464	242,462
ΚΑΤΑΚΟΛΟ	182,385	77,692	10,108	270,185
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	98,585	35,902	3,994	138,481
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	36,708	13,893	1,562	52,163
ΧΑΝΙΑ	20,522	7,985	0,935	29,442
ΒΟΛΟΣ	24,034	9,516	1,162	34,712
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	13,784	5,179	0,557	19,52
ΚΑΒΑΛΑ	7,885	3,058	0,364	11,307

Πίνακας 6.1. Πίνακας κατανομής των αέριων ρύπων ανά είδος ρύπου για κάθε λιμάνι σε τόνους[11].

6.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της εφαρμογής για τον υπολογισμό αέριων εκπομπών στα λιμάνια, όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα μπορούν να διεξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Το σύνολο αέριων εκπομπών και για τους τρεις ρύπους υπολογίστηκε να είναι 1792,016 τόνοι.
- Με βάση τα αποτελέσματα των συνολικών εκπομπών για κάθε ρύπο προκύπτει ότι οι εκπομπές από το οξείδιο του αζώτου (NO_x) αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών.
- Ακολουθεί το διοξείδιο του θείου (SO_2). Τα διοξείδια του θείου (SO_2) παράγονται από την καύση των καυσίμων που περιέχουν θείο όπως το diesel και ιδιαίτερα από τα θαλάσσια καύσιμα που έχουν πολύ υψηλές περιεκτικότητες θείου, ενώ το οξείδιο του αζώτου (NO_x) εξαρτάται από το τύπο κινητήρα του πλοίου. Ως εκ τούτου, οι εκπομπές του SO_2 μπορούν να περιοριστούν με τη κατανάλωση μειωμένης περιεκτικότητας σε θείο και καλύτερης ποιότητας καυσίμου, ενώ οι εκπομπές του NO_x με την εξέλιξη της δυνατότητας ελέγχου των εκπομπών από το κινητήρα.
- Με βάση τις εκπομπές των αερίων στις συνολικές εκπομπές το ποσό των εκπομπών από τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) είναι πάρα πολύ μικρό σε σχέση με αυτό του οξειδίου του αζώτου (NO_x) και του διοξειδίου του θείου (SO_2). Είναι πολύ σημαντικό που τα ποσοστά των μικροσκοπικών σωματιδίων διατηρούνται ιδιαίτερα χαμηλά, αφού είναι αυτά που προκαλούν τους μεγαλύτερους κινδύνους στην υγεία. Οι πολυάριθμες ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει πως οι καθημερινές αυξήσεις των συγκεντρώσεων σωματιδίων ενισχύουν την ατμοσφαιρική ρύπανση και μπορούν να έχουν θανατηφόρα αποτελέσματα.
- Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, η αυξημένη ζήτηση για ναυτιλιακές υπηρεσίες οδηγεί αναπόφευκτα σε αύξηση της κυκλοφορίας στην ξηρά και γενικότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Οι εκπομπές καυσαερίων των διαφόρων οδικών οχημάτων που λειτουργούν εντός, εκτός και γύρω από τα λιμάνια προστίθενται στις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων, μεγιστοποιώντας τον αρνητικό αντίκτυπο στον αέρα της πόλης. Παράλληλα, αρνητικά στο πρόβλημα συμβάλλει ακόμη και η υψηλή θερμοκρασία που σημειώνεται το καλοκαίρι.
- Οι εκπομπές αερίων ρύπων από τους κινητήρες των πλοίων εντός του λιμένα, κατά τον ελλιμενισμό τους, συμβάλλουν σημαντικά στις συνολικές εκπομπές. Το αυξημένο ποσοστό εκπομπών κατά τη παραμονή των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι, οφείλεται στη συνεχή λειτουργία των βοηθητικών κινητήρων και λεβήτων[3].

6.7 ΣΥΝΟΨΗ

Η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος γύρω μας σε συνδυασμό με την αυξανόμενη επιβάρυνση στην ανθρώπινη υγεία έχουν επιβάλει την αναζήτηση ουσιαστικής αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα μεγάλα λιμάνια ως σημεία συγκέντρωσης της διαρκώς αυξανόμενης ναυτιλίας, αποτελούν πυρήνα εκπομπών αερίων ρύπων ενώ ταυτόχρονα τα περισσότερα βρίσκονται πολύ κοντά σε κατοικημένες περιοχές με ήδη μεγάλο φόρτο εργασιών και συνεπώς εκπομπών. Στην παρούσα εργασία έγινε υπολογισμός του φορτίου που καταναλώνουν τα κρουαζιερόπλοια σε μερικά από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ελλάδος και παρουσιάστηκαν εναλλακτικές λύσεις ηλεκτροδότησης τους, καθώς και παρουσίαση μεθόδου ηλεκτροδότησης, μέσω ΑΠΕ φιλικών προς το περιβάλλον με τη χρήση του προγράμματος HOMER. Διερευνήθηκαν οι

τρόποι υπολογισμού και τα βήματα ανάπτυξης μιας απογραφής εκπομπών για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου εντός ενός λιμένα και στη συνέχεια έγινε εφαρμογή αυτής της μεθόδου στα λιμάνια της Κεφαλονιάς, της Κέρκυρας, του Κατάκολου, της Καβάλας, του Πειραιά, της Ρόδου, της Θεσσαλονίκης, του Βόλου, των Χανίων και του Ηρακλείου. Βάση των αποτελεσμάτων, υπολογίστηκε ότι οι συνολικές εκπομπές από τα κρουαζιερόπλοια προσεγγίζουν τους 1792,016 τόνους. Έχοντας ολοκληρώσει την συγκριτική μελέτη σχετικά με τις αέριες εκπομπές ρύπων στα λιμάνια που μελετήθηκαν καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τα ποσοστά ρύπων για όλα τα λιμάνια είναι ανάλογα, με το οξείδιο αζώτου να έχει τις υψηλότερες εκπομπές και να ακολουθεί το διοξείδιο του θείου και στη συνέχεια τα αιωρούμενα σωματίδια με αρκετά χαμηλότερα ποσοστά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Carbon Footprinting for Ports Guidance Document. WPCI (World Ports Climate Initiative), 2010.
2. “International Chamber of Shipping,” Wikipedia, the free encyclopedia. 23-Aug-2013.
3. Διπλωματική εργασία Πιτσιρίκου Καλλιόπη. Υπολογισμός αέριας μόλυνσης σε λιμάνια: η περίπτωση του λιμανιού του Ηρακλείου. Χανιά 2013, Επιβλέπων Παπαευθυμίου Σπύρος, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
4. https://www.google.gr/search?q=cold+ironing&sa=X&espv=2&biw=1680&bih=965&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwjJv4XtiejKAhUFIA8KHYyVBJoQsAQINg#imgrc=BgGugGsg_C4-jM%3A
5. A. MIOLA, V. PACCAGNAN, I MANNINO, A. MASARUTTO, A. PERUJO, M. TURVANI, “External costs of Transportation Case Study: Maritime Transport” JRC Scientific and Technical Reports, European Commission 2009, Institute for Environment and Sustainability
6. Tzannatos, E., 2010. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus-Greece. Atmos.
7. http://www.aboutelectricity.co.uk/showphoto.php?photo_id=33
8. Ø. Buhaug, J. Corbett, J. Winebrake, A. Mjelde, D. Lee, S. Hanayama, H. Lindstad, C. P\aalsson, V. Eyring, and D. Lee, “Second IMO GHG study 2009 update of the 2000 GHG study: final report covering phrase 1 and phrase 2,” Longdon Imo, 2009.
9. “WHO, World Health Organization.” [Online]. Available: <http://www.who.int/en/>. [Accessed: 21-Sep-2013].
10. Διπλωματική εργασία Συρράκου Σταμάτη. Υπολογισμός της αέριας ρύπανσης που οφείλεται στην προσέγγιση κρουαζιερόπλοιων σε λιμένες: οι περιπτώσεις των λιμανιών Πειραιά, Ηρακλείου και Σούδας. Χανιά 2014, Επιβλέπων Παπαευθυμίου Σπύρος, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
11. A. Maragkogianni, S. Papaefthimiou, Evaluating the social cost of cruise ships air emissions in major ports of Greece, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 36, May 2015, Pages 10-17
12. COLD IRONING COST EFFECTIVENESS port of Long Beach 925 harbor drive Long Beach Report 2004
13. en.wikipedia.org
14. <http://www.elime.gr/index.php/kefallonia>
15. <http://corfuport.gr/>
16. <http://katakoloport.gr/>
17. <http://www.portkavala.gr/>
18. <http://www.olp.gr/el/>
19. <http://www.elime.gr/index.php/rodos>
20. <https://www.thpa.gr/index.php?lang=el>
21. <http://www.port-volos.gr/cgi-bin/pages/index.pl?arlang=Greek#>
22. <http://soudaport.pblogs.gr/>
23. <http://www.portheraclion.gr/index.php/el/marina/>
24. <http://www.google.gr/intl/el/earth/>
25. <http://energyregister.gr/>

26 <http://www.homerenergy.com/>

27 <http://www.meteo.gr/meteoplus/climatic.cfm>

28 Διπλωματική εργασία Καραφουλίδη Πασχάλη, θέμα: Ανάλυση της διαδικασίας ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά (cold ironing) και εφαρμογή σε λιμάνια της Κρήτης. Χανιά 2013, Επιβλέπων Παπαευθυμίου Σπύρος, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

29 R. Winkel, U. Weddige, D. Johnsen, V. Hoen, S. Papaefthimiou, Shore Side Electricity in Europe: Potential and environmental benefits, Energy Policy, Volume 88, January 2016

ΕΥΡΗΤΗΡΙΟΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1-1 Συνεισφορά ναυτιλίας στις παγκόσμιες εκπομπέςCO₂. (Source: SecondIMOGHGStudy 2009 (MEPC 59/INF.10))

Εικόνα 2-1. Απεικόνιση διάταξης. (Homer)

Εικόνα 2-2.Επιλογή διατάξεων. (Homer)

Εικόνα 2-3. Απεικόνιση διάταξης. (Homer)

Εικόνα 2-4. Εισαγωγή βήματος. (Homer)

Εικόνα 2-5 Φορτίο. (Homer)

Εικόνα 2-6.Νέα απεικόνιση διάταξης. (Homer)

Εικόνα 2-7. Επιλογή ανεμογεννήτριας. (Homer)

Εικόνα 2-8. Επιλογή κόστους. (Homer)

Εικόνα 2-9. Αριθμός ανεμογεννητριών. (Homer)

Εικόνα 2-10. (Homer)

Εικόνα 2-11. Ανεμολογικά δεδομένα. (Homer)

Εικόνα 2-12.Τελικό Σχηματικό. (Homer)

Εικόνα 2-13. (Homer)

Εικόνα 2-14. (Homer)

Εικόνα 2-15.Προσομοίωση αποτελεσμάτων. (Homer)

Εικόνα 2-16. Λίστα εφικτών προσομοιώσεων. (Homer)

Εικόνα 2-17. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (Homer)

Εικόνα 3-1. Λιμάνι Αργοστολίου (Googleearth).

Πίνακας 3-1. Αριθμός φορών που πλοία αγκυροβόλησαν στο λιμάνι του Αργοστολίου, ώρες παραμονής τους σε αυτό και φορτίο που καταναλώθηκε.

Εικόνα 3-2. Φορτίο. (Homer)

Εικόνα 3-3. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

Εικόνα 3-4. Χαρακτηριστική ανεμογεννήτριας VestasV82. (Homer)

Εικόνα 3-5. Ανεμολογικά δεδομένα. (Homer)

Εικόνα 3-6. Χάρτης σταθμών ΑΠΕ Κεφαλονιάς(<http://energyregister.gr/>).

Πίνακας 3-2. Αιολικοί σταθμοί Κεφαλονιάς.

Εικόνα 3-7. Αποτελέσματα Μοντελοποίησης. (Homer)

Εικόνα 3-8. Αποτελέσματα Μοντελοποίησης. (Homer)

Εικόνα 3-9. Αποτελέσματα Μοντελοποίησης. (Homer)

Εικόνα 3-10. Ταχύτητα ανέμου και παραγόμενη ισχύς. (Homer)

Εικόνα 3-11. Αγορές και πολώσεις δικτύου. (Homer)

Πίνακας 4-1. Αριθμός φορών που πλοία αγκυροβόλησαν στο κάθε λιμάνι και φορτίο που καταναλώθηκε.

Εικόνα 4.1-1. Αιολικά πάρκα ηπείρου (<http://energyregister.gr/>).

Εικόνα 4.1-2. Λιμάνι Κέρκυρας (Googleearth).
Εικόνα 4.1-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.1-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.1-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.1-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.1-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.1-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.2-1. Αιολικά πάρκα (<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.2-2. Λιμάνι Κατάκολου (Googleearth).
Εικόνα 4.2-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.2-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.2-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.2-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.2-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.2-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.3-1. Αιολικά πάρκα (<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.3-2. Λιμάνι Καβάλας (Googleearth).
Εικόνα 4.3-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.3-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.3-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.3-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.3-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.3-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.4-1. Αιολικά πάρκα (<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.4-2. Λιμάνι Πειραιά (Googleearth).
Εικόνα 4.4-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.4-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.4-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.4-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.4-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.4-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.5-1. Ήδη εγκατεστημένα αιολικά πάρκα(<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.5-2. Λιμάνι Ρόδου (Googleearth).
Εικόνα 4.5-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.5-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.5-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.5-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.5-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.5-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.6-1. Αιολικά πάρκα(<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.6-2. Λιμάνι Θεσσαλονίκης (Googleearth).
Εικόνα 4.6-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.6-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.6-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.6-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.6-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.6-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.7-1. Αιολικά πάρκα (<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.7-2. Λιμάνι Βόλου (Googleearth).
Εικόνα 4.7-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.7-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.

Εικόνα 4.7-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.7-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.7-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.7-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.8-1. Αιολικά πάρκα (<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.8-2. Λιμάνι Σούδας (Googleearth).
Εικόνα 4.8-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.8-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.8-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.8-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.8-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.8-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.9-1. Αιολικά πάρκα (<http://energyregister.gr/>).
Εικόνα 4.9-2. Λιμάνι Ηρακλείου (Googleearth).
Εικόνα 4.9-3. Φορτίο. (HOMER)
Εικόνα 4.9-4. Φορτίο ανά 2ωρο για όλο το έτος.
Εικόνα 4.9-5. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.9-6. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.9-7. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 4.9-8. Αποτελέσματα προσομοίωσης. (HOMER)
Εικόνα 5.1 Σύνδεση καλωδίων πλοίου από τη στεριά.
Εικόνα 5.2 Παρουσίαση εγκατάστασης για την ηλεκτροδότηση πλοίου από την ξηρά.
(https://en.wikipedia.org/wiki/Cold_ironing#/media/File:PxKohliColdIron.jpg)
Εικόνα 5.3 Χρησιμοποιούμενη τάση και συχνότητα ανά τον κόσμο.
Πίνακας 6.1. Πίνακας κατανομής των αέριων ρύπων ανά είδος ρύπου για κάθε λιμάνι.