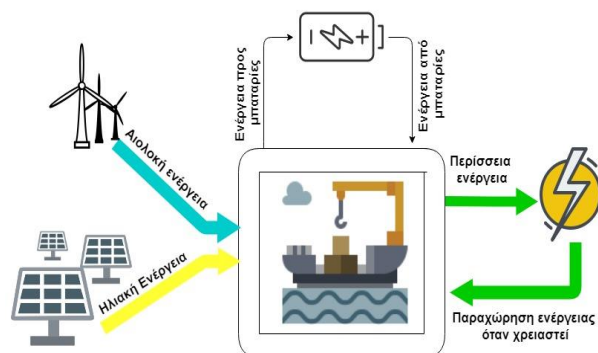




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ενεργειακή αξιολόγηση και αναβάθμιση του λιμένος Ηρακλείου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΔΑΚΗ ΣΤΕΦΑΝΟΥ



ΧΑΝΙΑ, ΜΑΪΟΣ 2021





ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ενεργειακή αξιολόγηση και αναβάθμιση του λιμένος Ηρακλείου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΚΟΝΙΔΑΚΗ ΣΤΕΦΑΝΟΥ

ΧΑΝΙΑ, ΜΑΪΟΣ 2021

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Καθηγητής ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Καθηγητής ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ

Καθηγητής ΜΙΧΑΗΛ ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ

Αν. Καθηγητής ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΑΣ



« Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

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

Technical University of Crete

«Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος»

«Ενεργειακή αξιολόγηση και αναβάθμιση
του λιμένος Ηρακλείου»

του

Κονιδάκη Στέφανου

Ευχαριστίες

Όντας στο τελικό στάδιο ολοκλήρωσης των σπουδών μου οφείλω να αποδώσω «τα του Καίσαρος τῷ Καίσαρι» στα άτομα που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια.

Αρχικά στην οικογένεια μου, που χωρίς την ανιδιοτελή προσφορά τους δεν θα ήταν τίποτα από αυτά εφικτό.

Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Θεοχάρη Τσούτσο, υπεύθυνο του Εργαστηρίου Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων, στον τομέα της Περιβαλλοντικής Διαχείρισης, για το εξαίρετο θέμα που μου ανέθεσε καθώς και για την συμβολή και καθοδήγηση του τόσο στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, όσο και για τις γνώσεις που μετέδωσε γύρω από το επιστημονικό του πεδίο όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο Διδάκτορα Νικόλαο Σηφάκη για την άψογη συνεργασία που έδειξε, την υποστήριξη του σε οτιδήποτε χρειαζόμουν και κυρίως την υπομονή που έδειξε και περίσσεια.

Περίληψη

Η ενεργειακή αναβάθμιση των λιμένων και η βιώσιμη ανάπτυξη τους αποτελεί έναν τομέα που απαιτεί άμεση προσοχή σε παγκόσμια κλίμακα. Στις πλείστες των περιπτώσεων ο εξοπλισμός με τον οποίο λειτουργούν είναι παρωχημένος οδηγώντας έτσι σε αυξημένες καταναλώσεις και ανεξέλεγκτους εκλυόμενους ρύπους κάθε είδους. Γι' αυτό τον λόγο είναι απαραίτητη μια στρατηγική κατεύθυνσης ώστε να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις όσον το δυνατό περισσότερο, συνυπολογίζοντας τον οικονομικό τομέα και την κοινωνική αποδοχή.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκε το εγχείρημα εκσυγχρονισμού του λιμένας Ηρακλείου, που βασίζεται σε παρωχημένη τεχνολογία και στα συμβατικά μέσα παραγωγής ενέργειας που προσφέρει το νησί, σε έναν καινοτόμο, ανεξάρτητο από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης με μηδενικό οικολογικό αποτύπωμα λιμένα. Κατόπιν μελέτης, εμβάθυνσης και αξιολόγησης των διαφόρων ενεργοβόρων τμημάτων του, καθώς και των συστημάτων παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας του νησιού, αναλύθηκαν σε βάθος συνολικά 8 μοντελοποιημένα σενάρια με το κατάλληλο λογισμικό. Για το κάθε ένα από αυτά τα σενάρια διαστασιολογήθηκαν ανανεώσιμες πηγές για την παραγωγή ενέργειας (φωτοβολταϊκά πλαίσια και ανεμογεννήτριες), συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες) και η μέθοδος του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (Virtual Net Metering), λαμβάνοντας υπόψιν τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Οι παράμετροι που τα χαρακτηρίζουν είναι η αυτονομία 24 και 48 ωρών, η πώληση της περίσσειας ενέργειας που δεν αποθηκεύεται στο κεντρικό δίκτυο της πόλης για τις δύο προαναφερθείσες κατηγορίες καθώς και ενεργειακή κατάσταση του φωτισμού του πριν και μετά την αναβάθμιση του.

Μέσω της ανάλυσης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων, απεφάνθη το συμπέρασμα ότι το τρέχων σύστημα δεν είναι βέλτιστο, δεν συνάδει με την τεχνολογική πρόοδο της εποχής και χρήζει άμεσης αντικατάστασης. Έπειτα, επιλέχθηκε το σενάριο αυτό που θεωρείται το πιο ισορροπημένο και ικανό να καλύψει όλες απαιτήσεις του λιμένα στον μέγιστο δυνατό βαθμό. Συγκεκριμένα, το επιλεγθέν βέλτιστο σενάριο, επιτυγχάνει σχεδόν πλήρη ανεξαρτητοποίηση από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης, μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση του εξωτερικού φωτισμού κατά σχεδόν 56%.

Abstract

The energy enhancement of ports and their sustainable development is an area that requires immediate attention on a global scale. In most cases, the equipment which they operate is obsolete, thus leading to increased consumption and uncontrolled emissions of any kind. That is why a directional strategy is needed to reduce the environmental impact as much as possible, taking into consideration the economic sector and social acceptance.

In the present dissertation, the project of modernization of the port of Heraklion was examined, based on outdated technology and the conventional methods of energy production offered by the island, in an innovative, independent by the central electricity network of the city with zero ecological footprint. After studying and evaluating the various energy-intensive sectors, as well as the energy production and management systems of the island, a total of 8 modeled scenarios were analyzed in depth with the appropriate software. For each of these scenarios, renewable energy sources (photovoltaic panels and wind turbines), energy storage systems (batteries) and the method of Virtual Net Metering) were dimensioned, taking into account the climatic conditions of the area. The parameters that characterize them are the 24 and 48 hour autonomy offered, the sale of the excess, not stored energy in the central network of the city for the two aforementioned categories as well as the energy state of its lighting before and after its upgrade.

Through the analysis and comparison of the results, it was concluded that the current system is not optimal, is not in line with the technological progress of the time and needs immediate replacement. Then, a scenario was chosen which is considered the most balanced and able to meet all the requirements of the port as much as possible. Specifically, the selected optimal scenario achieves almost complete independence from the main electricity network of the city, while reducing the consumption of outdoor lighting by almost 56%.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	4
Πίνακας συντομογραφιών	8
Κατάλογος πινάκων	9
Κατάλογος εικόνων.....	10
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	16
1.1 : Η απαρχή της σύγχρονης οικολογικής κρίσης.....	16
1.1.1 : Εμβάθυνση και κατανόηση του ενεργειακού προβλήματος.....	16
1.2 : Ενεργειακή ανάλυση των μεταφορών	18
1.3 : Μέτρα μείωσης εκλυόμενων ρύπων στα λιμάνια	20
1.3.1 : Λιγότερο διαδεδομένες τακτικές αντιμετώπισης	23
1.3.2 : Νομοθεσία λιμένων.....	25
1.3.3 : Φωτισμός λιμένων	26
1.4 Διεθνείς Οργανισμοί και σχέδια διαχείρισης.....	27
1.4.1 : ΔΟΘ.....	27
1.4.2 : Σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου(SEEMP)	28
1.4.3 : Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος(Marine Environment Protection Committee).....	28
1.4.4 : Αποτελέσματα SEEMP και EEDI.....	28
1.5 : Αποτελέσματα εφαρμοσμένων μέτρων στο λιμάνι του Ελσίνκι (<i>Port of Helsinki 100% Carbon Neutral by 2035, n.d.</i>)	29
1.6 : Σκοπός και επιμέρους στόχοι	30
Κεφάλαιο 2 ^ο : Κριτική Βιβλιογραφία.....	32
Κεφάλαιο 3 ^ο : Περιγραφή λιμένα περίπτωσης.....	37
3.1 : Ενεργειακή ανάλυση λιμένα περίπτωσης	38
3.1.1 : 1 ^η παροχή τροφοδοσίας	38
3.1.2 : 2 ^η παροχή τροφοδοσίας	39
3.1.3 : 3 ^η παροχή τροφοδοσίας	41
3.1.4 : Συνολική κατανάλωση λιμένα.....	42
3.2 Χρηματοοικονομική ανάλυση ηλεκτρικής κατανάλωσης λιμένα.....	43
3.2.1 : Συμπεράσματα τιμολογίων τριών παροχών.....	46
3.3 :Δημογραφικά δεδομένα λιμένα	48
3.3.1 : Επιβατική ακτοπλοΐα λιμένα.....	48
3.3.2 : Οχήματα ακτοπλοΐας λιμένα	50
3.3.3 : Κρουαζιερόπλοια λιμένα	52
3.3.4 : Πλοία εμπορευμάτων.....	53

3.4 : Μηχανολογικός εξοπλισμός λιμένα	54
3.4.1 : Ελαφρύς μηχανολογικός εξοπλισμός	54
3.4.2 : Βαρύς μηχανολογικός εξοπλισμός	54
Κεφάλαιο 4 ^ο : Μεθοδολογία	58
4.1 : Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν	58
4.2 : Φωτοτεχνική μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης λιμένα	61
4.2.1 : Τρέχουσα κατάσταση εξωτερικού φωτισμού λιμένα	61
4.2.2 : Αναβαθμισμένη κατάσταση εξωτερικού φωτισμού	69
4.3 : Σύγκριση αποτελεσμάτων εξωτερικού φωτισμού λιμένα	78
4.4 : Σύγκριση κατανάλωσης με δημογραφικά δεδομένα λιμένα	81
4.4.1 : 1 ^η στατιστική σύγκριση	83
4.4.2 : 2 ^η στατιστική σύγκριση	84
4.4.3 : Συμπεράσματα σύγκρισης δημογραφικών και ενεργειακών δεδομένων λιμένα.	84
4.5 : Το ενεργειακό σύστημα της Κρήτης.....	85
4.6 : HOMER.....	86
4.6.1 : ΑΠΕ και Συστήματα αποθήκευσης που χρησιμοποιήθηκαν	87
4.6.2 : Κλιματικές παράμετροι.....	89
4.6.3 : Σενάρια HOMER	91
Κεφάλαιο 5 ^ο : Αποτελέσματα Homer.....	103
5.1 : Ανάλυση σεναρίων.....	104
5.1.1 : Σενάριο αρχικής κατάστασης (Baseline).....	104
5.1.2 : Σενάρια αυτονομίας 24 ωρών.....	105
5.1.3 : Σενάρια αυτονομίας 48 ωρών.....	109
5.1.4 : Σενάρια αυτονομίας 24 ωρών με πώληση ενέργειας στα 0,06€/kWh	113
5.1.5 : Σενάρια αυτονομίας 48 ωρών με πώληση ενέργειας στα 0,06€/kWh	118
5.2 : Συμπεράσματα HOMER.....	122
Κεφάλαιο 6 ^ο : Συμπεράσματα Διπλωματικής.....	124
6.1 : Προτάσεις για το μέλλον	125
Κεφάλαιο 7 ^ο : Παραδοχές και σημειώσεις διπλωματικής	127
Κεφάλαιο 8 ^ο : Βιβλιογραφία.....	129
Παράρτημα.....	132

Πίνακας συντομογραφιών

ΑΠ	Αγνώστου Προέλευσης
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΔΟΘ	Διεθνής Οργανισμός Θαλάσσης
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
MGO	Marine Gasoil
LNG	Liquified Natural Gas
U_0	Illuminance Uniformity-Ομοιομορφία φωτισμού
E_m	Maintained Illuminance-Διατηρούμενη φωτεινότητα
GR_L	Glare rating limit-Ανώτατο όριο θάμπωσης
R_a	Color Rendering Indices-Δείκτες Απόδοσης Χρώματος
ΑΕΠ	Gross Domestic Product
EEDI	Energy Efficiency Design Index
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan
MERC	Marine Environment Protection Committee
EEOI	Energy Efficiency Operation Indicator
TEU	Tone Equivalent Unit
ΟΛΗ	Οργανισμός Λιμένος Ηρακλείου
EIX	Επιβατικά Ιδιωτικής Χρήσης
Δ/Κ	Δίκυκλο
Φ/Γ	Φορτηγό
HOMER	Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables
PLC	Programmable Logic Connection
ΝαΥΠ	Νατρίου Υψηλής Πίεσης
HQI	Hydrargyrum medium-arc Iodide
R^2	Regression-Παλινδρόμηση
r	Correlation-Συσχέτιση
μΥΗΣ	Μικρής Κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΕΥ	Ενέργεια Υψηλή
ΕΧ	Ενέργεια Χαμηλή
ΑΕ	Άεργος Ενέργεια
ΗΠΚ	Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης
ΕΣΜ	Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς
ΥΚΟ	Υπηρεσίες Κοινής Ωφελείας
ΕΤΜΕΑΡ	Ειδικό Τέλος για την Μείωση Εκπομπών Αέριων Ρύπων
ΛΠ	Λοιπές Χρεώσεις
ΕΦΚ	Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης
ΚΕ	Κόστος Ενέργειας
ΚΠ	Κόστος Παγίων

ΦΠΑ	Φόρος Πρόσθετης Αξίας
XZ	Χρεωστέα Ζήτηση
OSPS	On Shore Power Supply

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1.1. Ποσότητες φορτίων σε επιλεγμένα λιμάνια ανά τον κόσμο(million tones) (Poulsen et al., 2018).....	19
Πίνακας 1.2. Τομείς βελτίωσης λιμένων ανά έτος(Pallis & Vaggelas, 2019) (Woo et al., 2018)	25
Πίνακας 1.3. Ιεραρχία τομέων βελτίωσης λιμένων για το 2017	26
Πίνακας 1.4. Κατηγοριοποίηση χώρων ανάλογα με τον φωτισμό που απαιτείται	27
Πίνακας 3.1. Συνολικά κόστη λιμένα	45
Πίνακας 3.2. Παράμετροι υπολογισμού τιμολογίων.....	47
Πίνακας 3.3. Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή επιβατών	49
Πίνακας 3.4. Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή επιβατών στα κρουαζιερόπλοια	53
Πίνακας 3.5. Ελαφρύς μηχανολογικός εξοπλισμός	54
Πίνακας 3.6. Βαρύς μηχανολογικός εξοπλισμός	54
Πίνακας 4.1. Ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού υπάρχουσας κατάστασης	62
Πίνακας 4.2. Ποσοστιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος τρέχουσας κατάστασης	64
Πίνακας 4.3. Ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης	70
Πίνακας 4.4. Ποσοστιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος αναβαθμισμένης κατάστασης.....	71
Πίνακας 4.5. Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	80
Πίνακας 4.6. Παραγωγή ενέργειας στην Κρήτη ΔΕΔΔΗΕ 2019.....	85
Πίνακας 4.7. Συγκεντρωτικός πίνακας ενέργειας Κρήτης 2019.....	86
Πίνακας 4.8. Χαρακτηριστικά μπαταριών που χρησιμοποιήθηκαν.....	87
Πίνακας 4.9. Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πάνελ.....	88
Πίνακας 4.10. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιήθηκε.....	88
Πίνακας 4.11. Περιεχόμενα σεναρίων τρέχουσας κατάστασης λιμένα	91
Πίνακας 4.12. Χαρακτηριστικά σεναρίων τρέχουσας κατάστασης.....	92
Πίνακας 4.13. Περιεχόμενα σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα	94
Πίνακας 4.14. Χαρακτηριστικά σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης	95
Πίνακας 4.14. Παράμετροι πυλώνων βιωσιμότητας.....	97
Πίνακας 4.15. Περιεχόμενα σεναρίων πυλώνων βιωσιμότητας τρέχουσας κατάστασης	98
Πίνακας 4.16. Χαρακτηριστικά σεναρίων πυλώνων τρέχουσας κατάστασης λιμένα.....	99
Πίνακας 4.17. Περιεχόμενα σεναρίων πυλώνων βιωσιμότητας αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα.....	99
Πίνακας 4.18. Χαρακτηριστικά σεναρίων πυλώνων βιωσιμότητας αναβαθμισμένης κατάστασης	100
Πίνακας 4.19. Περιεχόμενα βέλτιστων σεναρίων τρέχουσας κατάστασης λιμένα.....	101
Πίνακας 4.20. Χαρακτηριστικά βέλτιστων σεναρίων τρέχουσας κατάστασης λιμένα	101
Πίνακας 4.21. Περιεχόμενα βέλτιστων σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα	101
Πίνακας 4.22. Χαρακτηριστικά βέλτιστων σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα	102
Πίνακας 5.1. Περίληψη αναλυθέντων σεναρίων τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα.....	103
Πίνακας 5.2. Χαρακτηριστικά αναλυθέντων σεναρίων 24ωρης αυτονομίας.....	107
Πίνακας 5.3. Χαρακτηριστικά σεναρίων 48ωρης αυτονομίας τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα	111

Πίνακας 5.4. Χαρακτηριστικά σεναρίων 24ωρης αυτονομίας με πώληση της περίσσειας ενέργειας, τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα.....	115
Πίνακας 5.5. Χαρακτηριστικά σεναρίων 48ωρης αυτονομίας με πώληση της περίσσειας ενέργειας, τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα.....	119
Πίνακας Α.1. Προφίλ κατανάλωσης έτους 1ης παροχής.....	141
Πίνακας Α.2. Υπολογισμός τιμολογίου 1ης παροχής.....	142
Πίνακας Α.3. Κόστος παγίων 1ης παροχής.....	143
Πίνακας Α.4. Προφίλ κατανάλωσης 2ης παροχής.....	144
Πίνακας Α.5. Υπολογισμός τιμολογίου 2ης παροχής.....	145
Πίνακας Α.6. Κόστος παγίων 2ης παροχής.....	146
Πίνακας Α.7. Προφίλ κατανάλωσης 3ης παροχής.....	147
Πίνακας Α.8. Υπολογισμός τιμολογίου 3ης παροχής.....	148
Πίνακας Α.9. Κόστος παγίων 3ης παροχής.....	149

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1. Χρονικό απόθεμα ορυκτών καυσίμων(Zhang et al., 2018).....	17
Εικόνα 1.2. Ενεργειακό μείγμα Ελλάδας το 2018(Ενεργειακο μείγμα 2018 ιουλίου 2019 διευθυνση εγγυησεων προελευσης και ενεργειακου μείγματος, n.d.).....	18
Εικόνα 1.3. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ από τις μεταφορές για το 2014.....	20
Εικόνα 1.4. Παράδειγμα σκεπάστρου parking σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκό σύστημα.....	21
Εικόνα 1.5. Παράδειγμα ανεμογεννητριών μικρής κλίμακας σε οροφή κτηρίου.....	21
Εικόνα 1.6. Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς από πηγές που δεν συμβάλλουν στα αέρια του θερμοκηπίου(Zhang et al., 2018).....	22
Εικόνα 1.7. Παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές στην Ελλάδα(Our World in Data, n.d.).....	22
Εικόνα 1.8. Τυπικό διάγραμμα net metering(Andreas Poullikkas, George Kourtis, 2013).....	23
Εικόνα 1.9. Διακύμανση εκλυόμενων ρύπων σε σχέση με την ταχύτητα πλεύσης για το έτος 2015(Lalla-Ruiz et al., 2019).....	24
Εικόνα 1.10. Εκπομπή CO ₂ ανά τομέα στο λιμάνι του Ελσίνκι.....	29
Εικόνα 1.11. Μεταβολή παραγόμενου CO ₂ ανά τομέα, και διέλευση φορτίων στην πάροδο του χρόνου στο λιμάνι του Ελσίνκι.....	30
Εικόνα 3.1. Λιμάνι Ηρακλείου - Google Earth.....	37
Εικόνα 3.2. Κεντρικό κτήριο διοίκησης ΟΛΗ - Google Earth.....	38
Εικόνα 3.3. Μέση μηνιαία ηλεκτροδότηση 1ης παροχής. (2010-2019).....	39
Εικόνα 3.4. Κυρίως προβλήτες λιμένα - Google Earth.....	40
Εικόνα 3.5. Μέση μηνιαία ηλεκτροδότηση 2ης παροχής (2017-2019).....	40
Εικόνα 3.6. Προβλήτα επιδιορθώσεων - Google Earth.....	41
Εικόνα 3.7. Μέση μηνιαία ηλεκτροδότηση 3ης παροχής (2010-2019).....	41
Εικόνα 3.8. Μέση μηνιαία παροχή λιμένα (2010-2019).....	42
Εικόνα 3.9. Ποσοστιαία κατανάλωση λιμένα.....	43
Εικόνα 3.10 Μέσο μηνιαίο κόστος ηλεκτροδότησης.....	43
Εικόνα 3.11: Μηνιαία διακύμανση κόστους ηλεκτρικού ρεύματος.....	46

Εικόνα 3.12. Μηνιαία προσέλευση και αποχώριση επιβατών (2002-2015,2017-2018)	48
Εικόνα 3.13. Ετήσια προσέλευση και αποχώριση επιβατών (2002-2018).....	49
Εικόνα 3.14. Μηνιαία διακύμανση οχημάτων ΕΙΧ (2010-2015,2017-2018).....	50
Εικόνα 3.15. Μηνιαία διακύμανση δίκυκλων (Δ/Κ) (2010-2015, 2017-2018)	51
Εικόνα 3.16. Μηνιαία διακύμανση φορτηγών (2010-2015,2017-2018)	51
Εικόνα 3.17. Μηνιαία διακύμανση λεωφορείων (2010-2015, 2017-2018).....	52
Εικόνα 3.18. Μηνιαία διακύμανση επιβατών από κρουαζιερόπλοια (2002-2018).....	52
Εικόνα 3.19. Ετήσια διακύμανση πλοίων που μεταφέρουν αγαθά (2015-2019).....	53
Εικόνα 4.1. Μηνιαία διακύμανση επιβατών προς ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού και άλλων διεργασιών τρέχουσας κατάστασης	63
Εικόνα 4.2. Τρέχουσα κατάσταση φωτισμού λιμένα μέσω DIALux	64
Εικόνα 4.3. Τρέχουσα κατάσταση Lux σε σχέση με νομοθετικά όρια	66
Εικόνα 4.4. Τρέχουσα ποσοστιαία κατανάλωση χωρίων λιμένα.....	67
Εικόνα 4.5. Απεικόνιση φωτισμού τρέχουσας κατάστασης με χρήση Revit στο χωρίο της 1ης παροχής του λιμένα.....	68
Εικόνα 4.6. Απεικόνιση φωτισμού τρέχουσας κατάστασης με χρήση Revit στο 2ο χωρίο του λιμένα.....	68
Εικόνα 4.7. Απεικόνιση φωτισμού τρέχουσας κατάστασης με χρήση Revit στο 3ο χωρίο του λιμένα.....	69
Εικόνα 4.8. Βήματα τοποθέτησης νέων φωτιστικών	69
Εικόνα 4.9. Μηνιαία διακύμανση επιβατών προς ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού και άλλων διεργασιών αναβαθμισμένης κατάστασης.....	71
Εικόνα 4.10. Αναβαθμισμένη κατάσταση φωτισμού λιμένα μέσω DIALux.....	72
Εικόνα 4.11. Νομοθετικά όρια Lux σε σχέση με Lux μετά την αναβάθμιση.....	73
Εικόνα 4.12. Αναβαθμισμένη ποσοστιαία κατανάλωση χωρίων λιμένα.....	74
Εικόνα 4.13. Ομοιομορφία αναβαθμισμένης κατάστασης σε σχέση με νομοθετική	75
Εικόνα 4.14. Απεικόνιση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης με χρήση Revit στο 1ο χωρίο του λιμένα	76
Εικόνα 4.15. Απεικόνιση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης με χρήση Revit στο 2ο χωρίο του λιμένα	77
Εικόνα 4.16. Απεικόνιση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης με χρήση Revit στο 3ο χωρίο του λιμένα	77
Εικόνα 4.17. Αρχική ισχύς χωρίων σε σχέση με την αναβαθμισμένη κατάσταση	78
Εικόνα 4.18. Καταναλισκόμενη ενέργεια φωτισμού τρέχουσας κατάστασης σε σχέση με μετά την αναβάθμιση	79
Εικόνα 4.19. Αρχική ηλεκτρική κατανάλωση χωρίς φωτισμό σε σχέση με επιβατική δραστηριότητα.....	81
Εικόνα 4.20. Αρχική ηλεκτρική κατανάλωση χωρίς φωτισμό σε σχέση με επιβατικά και κρουαζιερόπλοια.....	82
Εικόνα 4.21. Μηνιαία διακύμανση ηλιακής ακτινοβολίας και διαύγειας	89
Εικόνα 4.22. Μηνιαία διακύμανση ταχύτητας ανέμου.....	90
Εικόνα 4.23. Μηνιαία διακύμανση μέσης θερμοκρασίας και θερμοκρασίας αέρα	90
Εικόνα 4.24: Πυλώνες βιωσιμότητας.....	96
Εικόνα 5.1. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια	104
Εικόνα 5.2. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια.....	104
Εικόνα 5.3. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια	105

Εικόνα 5.4. Μηνιαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια	105
Εικόνα 5.5. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας.....	106
Εικόνα 5.6. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας	106
Εικόνα 5.7. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας.....	107
Εικόνα 5.8. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το ανεμογεννήτρια για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας.....	108
Εικόνα 5.9. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας.....	108
Εικόνα 5.10. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας.....	109
Εικόνα 5.11. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 24ωρης αυτονομίας.....	109
Εικόνα 5.12. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας.....	110
Εικόνα 5.13. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας	110
Εικόνα 5.14. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας.....	111
Εικόνα 5.15. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από ανεμογεννήτρια για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας.....	112
Εικόνα 5.16. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας.....	112
Εικόνα 5.17. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας.....	113
Εικόνα 5.18. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 48ωρης αυτονομίας.....	113
Εικόνα 5.19. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας.....	114
Εικόνα 5.20. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας	114
Εικόνα 5.21. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας... ..	115
Εικόνα 5.22 Ωριαία παραγόμενη ισχύς ανεμογεννήτριας για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας.....	116
Εικόνα 5.23. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση ενέργειας	116
Εικόνα 5.24. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας.....	117
Εικόνα 5.25. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας.....	117
Εικόνα 5.26. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας.....	118
Εικόνα 5.27. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας	119

Εικόνα 5.28. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας...	120
Εικόνα 5.29. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από ανεμογεννήτρια για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας.....	120
Εικόνα 5.30. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση ενέργειας	121
Εικόνα 5.31. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας	121
Εικόνα 5.32. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας.....	122
Εικόνα Α-1. Ενεργειακή κατανάλωση ανά πηγή στην Ευρωπαϊκή Ένωση(Our World in Data, n.d.)	132
Εικόνα Α-2. Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά πηγή(Our World in Data, n.d.)	132
Εικόνα Α-3. Παγκόσμια παραγωγή ορυκτών καυσίμων(Our World in Data, n.d.)	133
Εικόνα Α-4. Παραγωγή ορυκτών καυσίμων στην ΕΕ(Our World in Data, n.d.).....	134
Εικόνα Α-5. Εκπομπές CO ₂ ανά τομέα στην ΕΕ(Our World in Data, n.d.)	134
Εικόνα Α-6. Εκπομπές CO ₂ ανά κάτοικο προς ΑΕΠ ανά κάτοικο το 1980(Our World in Data, n.d.)	135
Εικόνα Α-7. Εκπομπές CO ₂ ανά κάτοικο προς ΑΕΠ ανά κάτοικο το 2016(Our World in Data, n.d.)	136
Εικόνα Α-8. Παγκόσμια αξία εξαγομένων αγαθών ως μέρος του ΑΕΠ(Our World in Data, n.d.)	137
Εικόνα Α-9. Παγκόσμιες εκπομπές CO ₂ , CH ₄ και NO ₂ (Our World in Data, n.d.)	138
Εικόνα Α-10. Κόστος φωτοβολταϊκού PVWp(Our World in Data, n.d.).....	139
Εικόνα Α-11. Κόστος παράκτιας παραγωγής ενέργειας από άνεμο ανά kWh(Our World in Data, n.d.)	140
Εικόνα Β-1. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzS(240-4620).....	150
Εικόνα Β-2. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzV(250-4245)	151
Εικόνα Β-3. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzS(85-4730).....	152
Εικόνα Β-4. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzS(85-4620).....	153
Εικόνα Β-5. Χαρακτηριστικά μπαταριών (65-4535)	153
Εικόνα Β-6. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzV(65-4245)	154
Εικόνα Β-7. Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού	155
Εικόνα Β-8. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (1)	156
Εικόνα Β-9. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (2)	157
Εικόνα Β-10. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (3)	158
Εικόνα Γ-1. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας με επιβάτες 1ης παροχής 2010-18.....	158
Εικόνα Γ-2. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2010-18.....	159
Εικόνα Γ-3. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 3ης παροχής με επιβάτες 2010-18.....	159
Εικόνα Γ-4. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2010-18.....	160
Εικόνα Γ-5. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης και 3ης παροχής με επιβάτες 2010-18	160
Εικόνα Γ-6. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 1ης και 3ης παροχής 2010-18	161
Εικόνα Γ-7 Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης παροχής με επιβατικά πλοία 2010-18	161
Εικόνα Γ-8. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2010-18.....	162
Εικόνα Γ-9. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 3ης παροχής με επιβατικά πλοία 2010-18	162
Εικόνα Γ-10. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2010-18.....	163
Εικόνα Γ-11. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης και 3ης παροχής με επιβατικά πλοία 2010-18	163
Εικόνα Γ-12. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 1ης και 3ης παροχής 2010-18	164

Εικόνα Γ-50. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18	183
Εικόνα Γ-51. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18	183
Εικόνα Γ-52. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18	184
Εικόνα Γ-53. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18	184
Εικόνα Γ-54. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18	185
Εικόνα Γ-55. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια των τριών παροχών 2017-18.....	185
Εικόνα Γ-56. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια των τριών παροχών 2017-18.....	186

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 : Η απαρχή της σύγχρονης οικολογικής κρίσης

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει διαπιστωθεί εκτυλίσσεται μια ολοένα και αυξανόμενη οικολογική κρίση στον πλανήτη. Η κρίση αυτή ξεκίνησε πρώτα σε τοπικό επίπεδο και έπειτα, με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης και την ανακάλυψη διαφόρων ορυκτών καυσίμων πήρε παγκόσμιες διαστάσεις. Από την αρχή όπου έγιναν αντιληπτές οι προοπτικές τους, η αξία τους εκτοξεύτηκε και αμέσως έγιναν αγαθό καθημερινής χρήσης άμεσης ή έμμεσης εξίσου πολύτιμης με το νερό. Χάρη σε αυτή την ανακάλυψη, ηλεκτροδοτήθηκαν τα πρώτα σπίτια, έγινε εφικτή η μαζική παραγωγή βασικών καθημερινών προϊόντων και η απόσταση μεταξύ ηπείρων έγινε θέμα ημερών. Το αποτέλεσμα της επιρροής αυτής είναι η οικονομική ανάπτυξη, η ευημερία και η δύναμη κάθε χώρας να συνδέεται αυτόματα με αυτά. Παράλληλα, ένα άλλο αποτέλεσμα αυτής της εξέλιξης είναι η κατάχρηση της διαθεσιμότητάς τους σε βάρος του περιβάλλοντος χωρίς να δίνεται ηρέπεια βαρύτητα στην διαχείρισή τους, με τις επιπτώσεις να συσσωρεύονται με εκθετικές συνέπειες στην πάροδο του χρόνου. Οι επιπτώσεις αυτές ποικίλουν από πιο ήπιες, όπως επιβάρυνση της τοπικής υγείας, έως και ανεπανόρθωτες με την καταστροφή ολόκληρων οικοσυστημάτων και στην ενεργειακή κρίση που δημιουργήθηκε (Harfoot et al., 2018).

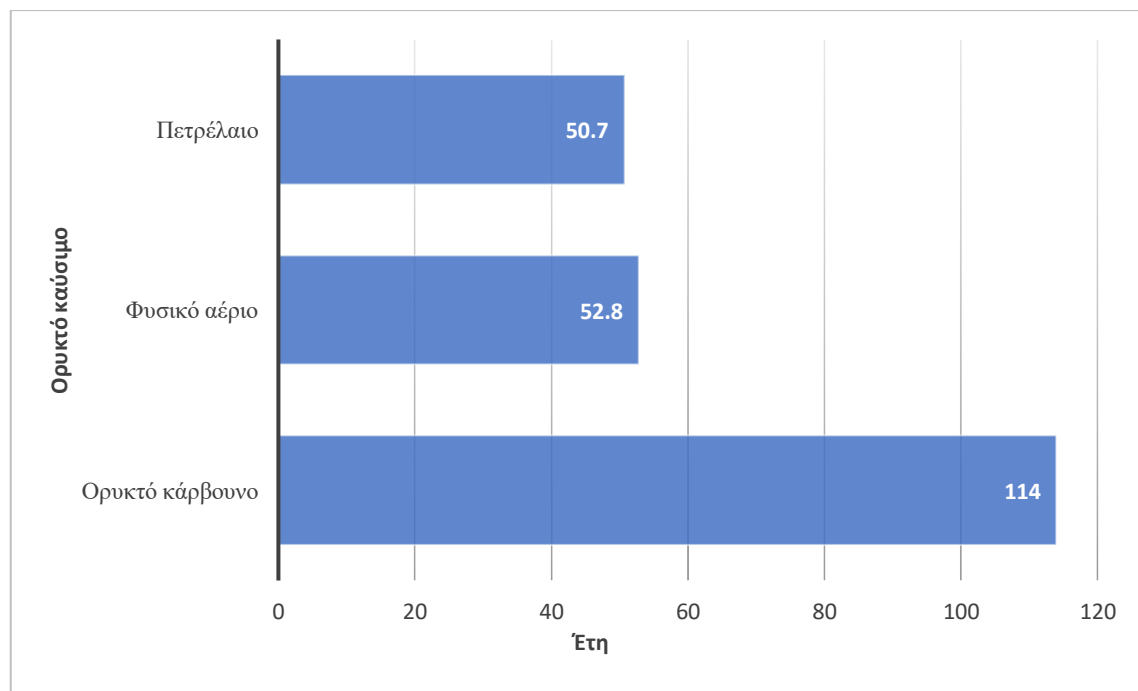
1.1.1 : Εμβάθυνση και κατανόηση του ενεργειακού προβλήματος

Σε αυτήν την λίστα των αρνητικών επιπτώσεων έρχεται να προστεθεί και το ενεργειακό πρόβλημα που άρχισε να γίνεται αντιληπτό σχετικά πρόσφατα. Ο λόγος που έγιναν τα ορυκτά καύσιμα τόσο δημοφιλή εξ αρχής ήταν η υψηλή θερμογόνος δύναμή τους, δηλαδή τα μεγάλα ποσά ενέργειας που είναι αποθηκευμένα σε μικρό όγκο καυσίμου, καθώς και η προσβασιμότητά τους διότι μια και μόνο γεώτρηση δίνει πρόσβαση σε εκατομμύρια τόνους καυσίμου με αδιάκοπη ροή. Η εκτεταμένη χρήση τους για την παραγωγή προϊόντων, ηλεκτροδότηση, μετακίνηση, θέρμανση κ.α. αποδεικνύουν ότι είναι ο κινητήριος τροχός της σύγχρονης κοινωνίας. Όμως, παρ' όλα τα θετικά που προσφέρουν έχουν ορισμένα καίρια μειονεκτήματα, που λόγω της διευρυμένης κλίμακάς τους έχουν προκαλέσει ανεπανόρθωτα προβλήματα στην κοινωνία και στο περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα χωρίζονται σε τρεις ευρείες κατηγορίες (Höök & Tang, 2013).

- Η πρώτη εκ των τριών είναι οι ποικίλοι ρύποι που εκλύονται όπως CO_2 , NO_x , SO_2 κ.ο.κ. Πιο αναλυτικά οι ρύποι δεν εκλύονται μόνο κατά την καύση για την παραγωγή ενέργειας αλλά και κατά την διαδικασία άντλησής τους, τον μετασχηματισμού και στις ενδιάμεσες μεταφορές πριν τον τελικό τους προορισμό.
- Η δεύτερη είναι η εξάρτηση που έχει δημιουργηθεί γύρω από αυτά. Τα ορυκτά καύσιμα ευθύνονται για παραπάνω από το 75% της παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και για την συντριπτική πλειοψηφία των ανθρώπινων μετακινήσεων και της μεταφοράς των

αγαθών σε παγκόσμια κλίμακα. Το αποτέλεσμα που επιφέρει η εξάρτηση αυτή, είναι η προτεραιότητα που δίνεται στην παγκόσμια οικονομία από την προστασία του περιβάλλοντος με τις ανάλογες επιπτώσεις.

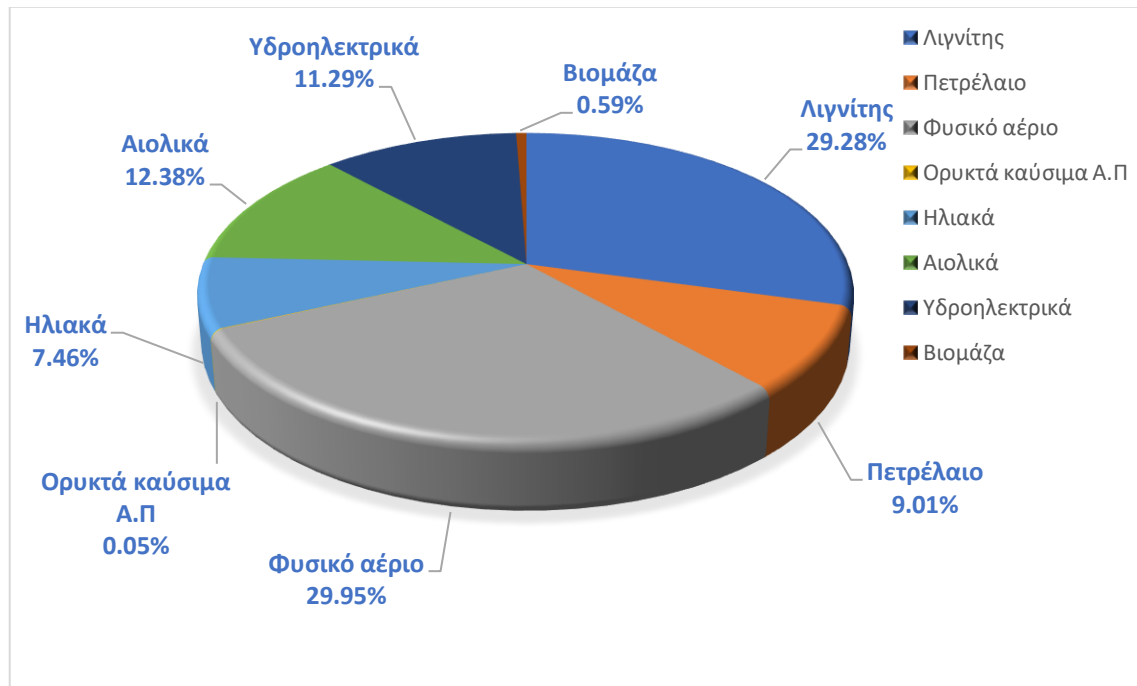
- Η τρίτη και ίσως η πιο αξιοσημείωτη είναι ο περιορισμένος όγκος τους. Τα ορυκτά καύσιμα είναι πεπερασμένα και εκτιμάται ότι απέχουν δεκαετίες μέχρι την πλήρη εξάντλησή τους. Γι' αυτό τον λόγο είναι πλέον μονόδρομος η μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές παραγωγής ενέργειας, προκειμένου να διατηρηθεί το υψηλό βιοτικό επίπεδο της σύγχρονης κοινωνίας και να διασωθεί το περιβάλλον παράλληλα.



Εικόνα 1.1. Χρονικό απόθεμα ορυκτών καυσίμων(Zhang et al., 2018).

Ανέκαθεν ήταν γνωστό ότι τα ορυκτά καύσιμα έχουν πεπερασμένο όγκο, και αυτό αποδεικνύεται πιο αναλυτικά από την [\(εικόνα 1.1\)](#). Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα καύσιμα αυτά θα πρέπει να αντικατασταθούν από ανανεώσιμες πηγές « πράσινης ενέργειας » ξεκινώντας από το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο που έχουν το μικρότερο προσδόκιμο διαθεσιμότητας και τελειώνοντας με το ορυκτό κάρβουνο. Πιο συγκεκριμένα το ποσοστό που θα πρέπει να καλυφθεί ξεπερνάει το 80% της παγκόσμιας κατανάλωσης. Το ποσοστό αυτό δεν είναι το μόνο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί, καθώς υπάρχει ακόμα και το πρόβλημα της αποθήκευσης της ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές που είναι ύψιστης σημασίας. Πρόβλημα το οποίο δεν υπάρχει με τα ορυκτά καύσιμα, μιας και το δίκτυο της παραγωγής και διανομής τους παρέχει αδιάκοπη παροχή, ενώ η αποθήκευσή τους είναι εύκολη. Οι ενέργειες και τα μέτρα που πρόκειται να τεθούν σε εφαρμογή, θα πρέπει να ικανοποιούν καίριες παραμέτρους προκειμένου να επιτευχθεί αειφορία, όπως να γίνει μια καταμέτρηση των φυσικών πόρων για να σχεδιαστεί ένα πλάνο μελλοντικής διαχείρισης, ώστε να διατηρηθούν για τις επόμενες γενεές όσο το δυνατόν περισσότερο.

Παρόλη την σοβαρότητα του ενεργειακού προβλήματος και τους κίνδυνους που ελλοχεύουν, η Ελλάδα αν και έχει άπλετο ηλιακό και αιολικό δυναμικό καθ' όλη την διάρκεια του έτους επιλέγει να έχει σαν κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας τα ορυκτά καύσιμα, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές έχουν συμπληρωματικό ρόλο (εικόνα 1.2). Το ποσοστό εξάρτησης από τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ανέρχεται στο 68,29% της ηλεκτροπαραγωγής, ενώ αντίθετα μόνο το 31,71% προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σύμφωνα με δεδομένα του 2018.



Εικόνα 1.2. Ενεργειακό μείγμα Ελλάδας το 2018(Ενεργειακό μείγμα 2018 ιουλιος 2019 διευθυνση εγγυησεων προελευσης και ενεργειακου μειγματος, n.d.)

1.2 : Ενεργειακή ανάλυση των μεταφορών

Ένας από τους τομείς που καταναλώνει την πλειοψηφία των ορυκτών καυσίμων είναι αυτός των μεταφορών. Οι μεταφορές των χωρών που ανήκουν στην ΕΕ εξαρτώνται από το πετρέλαιο κατά 94%, ποσοστό μεγαλύτερο από οποιονδήποτε άλλον τομέα(Ευρωπαϊκή Στρατηγική Για Την Κινητικότητα Χαμηλών Εκπομπών, n.d.). Γι' αυτό τον λόγο οι πρώτες απόπειρες για μείωση των αερίων εκπομπών έγιναν με την εισαγωγή των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό της μίγμα, πολιτική η οποία θα εγκαταλειφθεί μετά το 2020 μιας και τα αποτελέσματα δεν κρίθηκαν ενθαρρυντικά για το μέλλον. Οι οδικές μεταφορές αν και είναι οι πιο ρυπογόνες από τις υπόλοιπες λόγω της ευρείας χρήσης τους, έχουν πραγματοποιήσει τα πρώτα βήματα προς την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα με την καινοτομία της ηλεκτροκίνησης να είναι διαθέσιμη για μαζική παραγωγή.

Ένας από τους τομείς των μεταφορών που έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα λόγω της πολυπλοκότητας και της διακύμανσης των απαιτήσεων του, είναι αυτός της

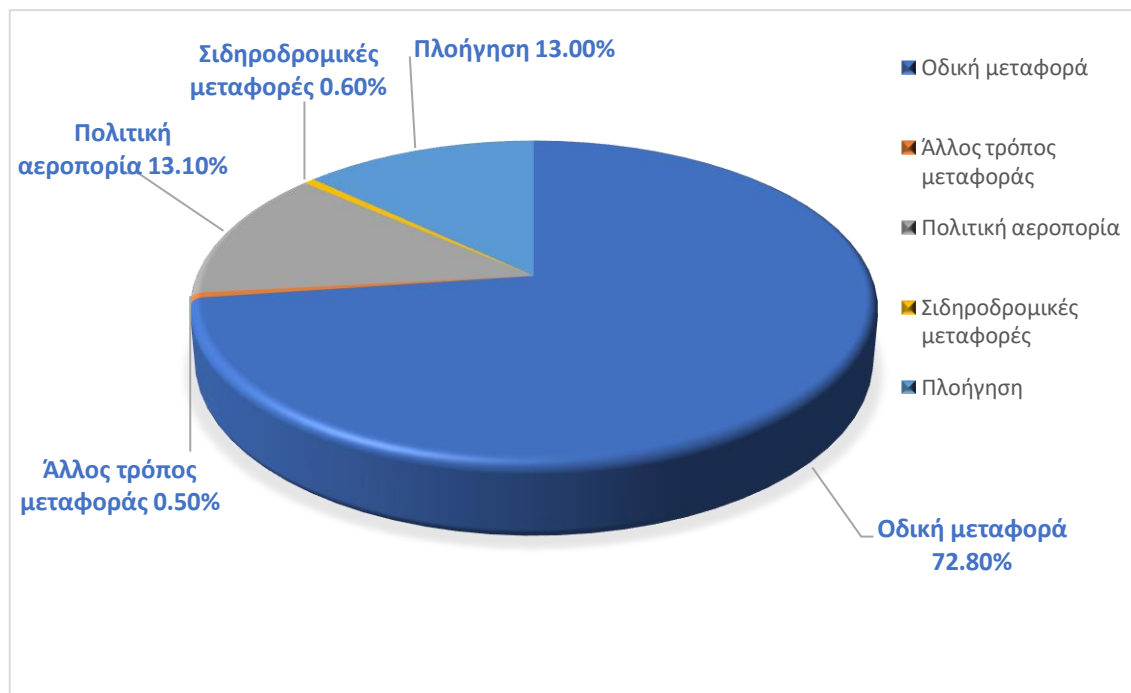
κατανάλωσης ενέργειας που συνδέεται με τα λιμάνια. Αυτό συμβαίνει διότι τα λιμάνια έχουν μεγάλη αυξομείωση στις ενεργειακές απαιτήσεις τους καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και του έτους. Εκτός από τις καθημερινές προγραμματισμένες απαιτήσεις για τον φωτισμό και την λειτουργία των κτηριακών μονάδων, πρέπει να αναλάβουν την φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων και την παροχή ρεύματος στα πλοία για το διάστημα που παραμένουν στο λιμάνι μέχρι την αποχώρησή τους, μέθοδος γνωστή και ως Cold Ironing. Τέτοιες υπηρεσίες απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας που πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμα, ώστε να χρησιμοποιηθούν όταν κριθεί απαραίτητο μέσα στην ημέρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διακύμανση στην διέλευση των πλοίων διαφέρει κατά την διάρκεια του έτους, λόγω της τουριστικής περιόδου και της κίνησης των εμπορευμάτων δυσκολεύει ακόμα περισσότερο τον προσδιορισμό των απαιτήσεων αυτών. Παρόλα αυτά, τα λιμάνια είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομία κάθε χώρας και κυρίως για την Ελλάδα διότι ευθύνονται για: (Acciario et al., 2014).

- Την εισαγωγή-εξαγωγή αγαθών από και προς την χώρα.
- Μεγάλο μέρος των ανθρωπίνων μετακινήσεων σε απομακρυσμένες περιοχές.
- Τον έλεγχο της ροής του χρήματος στην εκάστοτε χώρα.

Πίνακας 1.1. Ποσότητες φορτίων σε επιλεγμένα λιμάνια ανά τον κόσμο (million tones) (Poulsen et al., 2018).

Λιμάνι	Υγρό φορτίο (Χονδρική)	Ξηρό φορτίο (Χονδρική)	Εμπορευματο- κιβώτια	Γενικό φορτίο	Μεταφορά τροχοφόρων	Συνολικά
Αμβέρσα	69,2	12,6	117,9	9,8	4,6	214,1
Ρότερνταμ	223,5	82,3	127,1	5,9	22,4	461,2
Λος Αντζελες	14,3	1,2	167,3	-	-	182,8
Βανκούβερ	6,3	87,5	25,1	16,2	0,4	135,6
Αμβούργο	14,2	30,7	91,7	1,8	-	138,2

Η κλίμακα της μεταφοράς των φορτίων μέσω θαλάσσης είναι τόσο μεγάλη που ευθυνόταν για το 80% των παγκοσμίων μεταφερόμενων αγαθών το 2015. Γι' αυτό από 1^η Ιανουαρίου του 2018, η ΕΕ σε συνεργασία με τον Διεθνή Οργανισμό Θαλάσσης (ΔΟΘ) επέβαλε την καταμέτρηση των αερίων εκπομπών σε πλοίων που εισέρχονται στα λιμάνια της, με ολικό βάρος φορτίου άνω των 5.000 τόνων διότι σύμφωνα με την συνθήκη του Κιότο, στοχεύετε η μείωση των αερίων εκπομπών κατά τουλάχιστον 50% μέχρι το 2050 σε σχέση με τις αντίστοιχες καταγραφές του 2008.



Εικόνα 1.3. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ από τις μεταφορές για το 2014

Οι τομείς των μεταφορών στην ΕΕ χωρίζονται σε πέντε επιμέρους τμήματα όπως απεικονίζει και το παραπάνω διάγραμμα ([εικόνα 1.3](#)). Αναμενόμενα οι οδικές μεταφορές ευθύνονται για την πλειοψηφία με 72,8% των αέριων εκπομπών, με την πολιτική αεροπορία με ποσοστό 13,1% και τέλος την ναυσιπλοΐα με 13%.

Αυτή η κατανομή έχει σαν επακόλουθο την εξίσου μεγάλη συνεισφορά στη ρύπανση του αέρα. Σύμφωνα με τον ΔΟΘ εκτιμάται ότι παγκοσμίως εκλύονταν 939εκ. τόνοι CO_2 κάθε χρόνο από το 2007 έως το 2012, αριθμός που μεταφράζεται στο 2,8% των παγκοσμίων εκπομπών. Το ποσοστό αυτό αναμένεται τουλάχιστον να διπλασιαστεί μέχρι το 2050. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 60% των εκπομπών αυτών έχουν εκλυθεί κατά την μετακίνηση των πλοίων και μόνο. Για το ίδιο χρονικό διάστημα εκτός από τις εκπομπές CO_2 , εκτιμάται ότι εκλύθηκαν 20,9εκ. και 11,3εκ.τόνοι NO_x και SO_x αντίστοιχα ετησίως. Τέλος η ετήσια κατανάλωση καυσίμου εκτιμάται μεταξύ 247εκ. τόνων και 325εκ.

1.3 : Μέτρα μείωσης εκλυόμενων ρύπων στα λιμάνια

Τα μέτρα που θα ληφθούν για την μείωση του οικολογικού αποτυπώματος των λιμένων πρέπει να είναι βιώσιμα και ικανά να αντέξουν στην πάροδο του χρόνου αλλά ταυτόχρονα και αρκετά φιλικά προς το περιβάλλον ώστε να υπάρξει αισθητή μείωση των ρύπων. Η πιο συνηθισμένη τακτική είναι η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και πιο συγκεκριμένα η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στις οροφές των κτηρίων και στα σκέπαστρα

του parking (εικόνα 1.4). Αυτή είναι μια λύση που εκμεταλλεύεται τον ήδη υπάρχοντα χώρο χωρίς να απαιτείται η κατασκευή επιπλέον κτηριακών μονάδων.



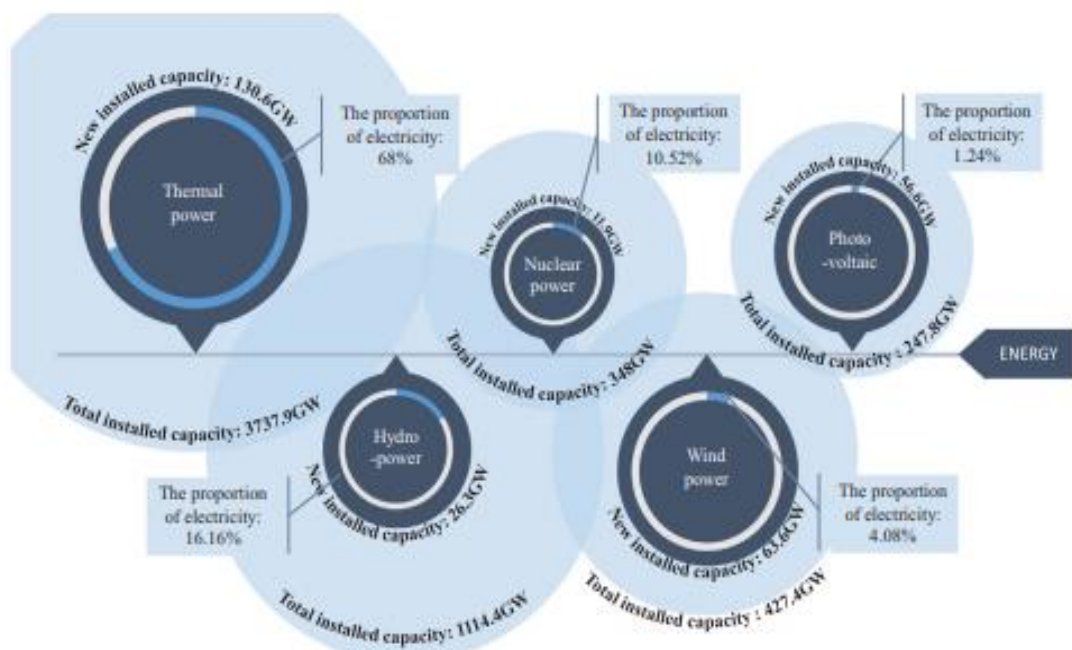
Εικόνα 1.4. Παράδειγμα σκεπάστρου parking σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκό σύστημα

Επιπλέον, η χρήση ανεμογεννητριών μικρής κλίμακας σε διάσπαρτα σημεία του λιμένα είναι ικανές να εκμεταλλευτούν το πλούσιο αιολικό δυναμικό της περιοχής (εικόνα 1.5). Οι δύο παραπάνω μέθοδοι αν και έχουν απόδοση που δύσκολα ξεπερνάει το 95% και 20% αντίστοιχα, αποτελούν της πιο διαδεδομένης μορφής ΑΠΕ αφού εκμεταλλεύονται τους δύο πιο άφθονους διαθέσιμους φυσικούς πόρους, τον ήλιο και τον αέρα.



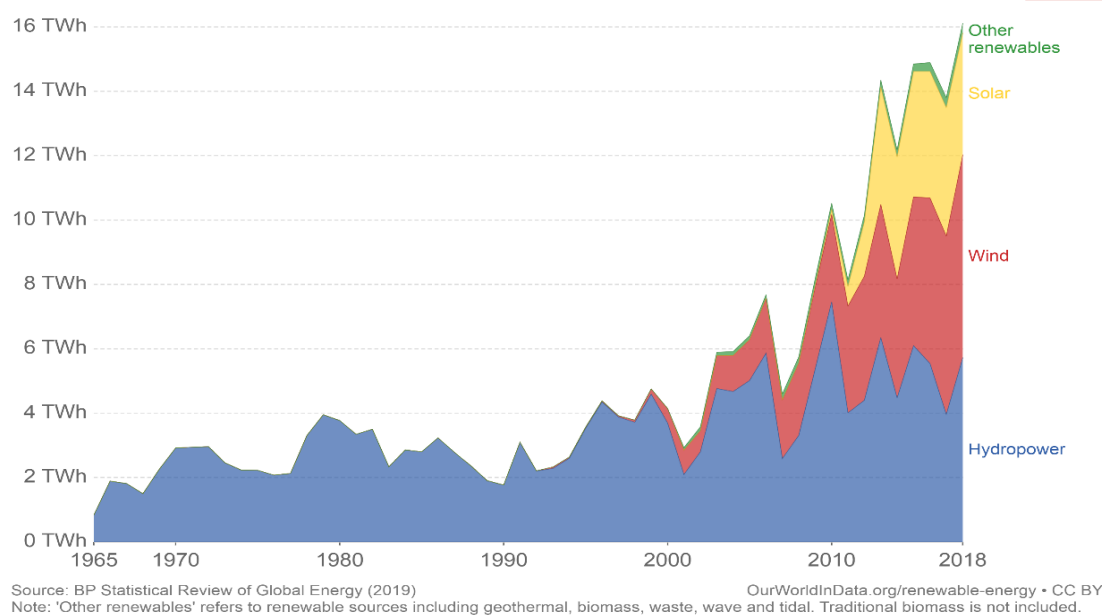
Εικόνα 1.5. Παράδειγμα ανεμογεννητριών μικρής κλίμακας σε οροφή κτηρίου

Επιπλέον υπάρχει μια νέα μέθοδος για παραγωγή ενέργειας, που χρησιμοποιεί την ορμή των κυμάτων της θάλασσας που προσκρούουν σε μια βυθισμένη τουρμπίνα για την παραγωγή ενέργειας. Η συγκεκριμένη μέθοδος αν και έχει υψηλή απόδοση, τιμή που ξεπερνάει το 80% έχει και μεγάλα μειονεκτήματα όπως το μεγάλο κόστος κατασκευής, συντήρησης και την ιδιαιτερότητα στον χώρο τοποθέτησης της αφού απαιτεί υψηλή κυματική δραστηριότητα καθ' όλη την διάρκεια του έτους.



Εικόνα 1.6. Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς από πηγές που δεν συμβάλλουν στα αέρια του θερμοκηπίου(Zhang et al., 2018)

Renewable energy generation, Greece

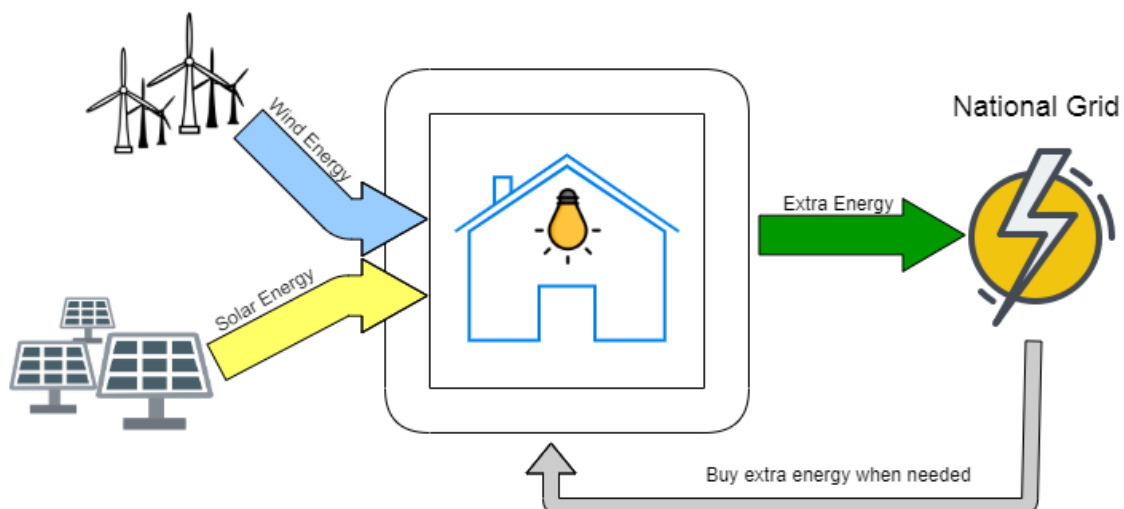


Εικόνα 1.7. Παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές στην Ελλάδα(Our World in Data, n.d.)

1.3.1 : Λιγότερο διαδεδομένες τακτικές αντιμετώπισης

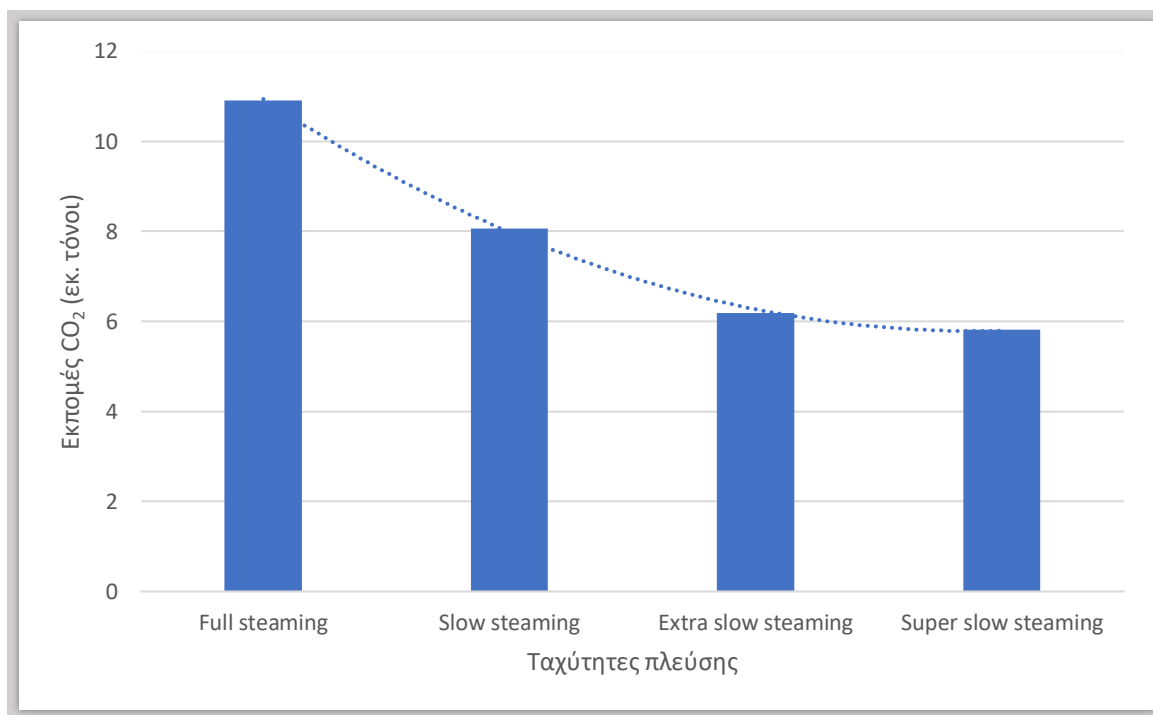
Η διαστασιολόγηση συστημάτων αποθήκευσης με μπαταρίες είναι μια αξιόπιστη πρόταση, για να ελεγχθούν οι διακυμάνσεις της παραγωγής ενέργειας από τα συστήματα των ΑΠΕ. Η δυνατότητα των μπαταριών να αποθηκεύουν ενέργεια στις περιόδους μέσα στην ημέρα όπου η προσφορά είναι μεγαλύτερη από την ζήτηση, για την εκμετάλλευσή της στις περιόδους που ισχύει το αντίθετο, δίνει μεγαλύτερη αυτονομία στον λιμένα από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής τέτοιων συστημάτων αποθήκευσης ποικίλουν, με ορισμένα από αυτά να είναι η μείωση του οικολογικού αποτυπώματος του λιμένα, η μικρότερη επιβάρυνση του δικτύου της πόλης και η αξιοπιστία που προσδίδει στην λειτουργία του. Ωστόσο, μερικά από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται είναι το μεγάλο κόστος των μπαταριών, καθώς και οι μεγάλες αυξομειώσεις των ενεργειακών αναγκών του λιμένα με αποτέλεσμα την φθορά τους και κατά συνέπεια την αξιοπιστία τους. Μια ακόμα καινοτομία που είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο είναι η τοποθέτηση μπαταριών σε πλοία. Παρ' όλα αυτά, η ενέργεια που απαιτείται για την διαδρομή ενός επιβατικού πλοίου είναι τεράστια, η χωρητικότητα των μπαταριών μικρή και το βάρος τους μεγάλο, καθιστώντας μια τέτοια εφαρμογή αδύνατη.

Μια ακόμα ευρέως διαδεδομένη λύση είναι ο ενεργειακός συμψηφισμός (net metering) [\(εικόνα 1.8\)](#). Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα μελέτης (πχ. ένας λιμένας) έχει τη δυνατότητα να παραχωρεί στο δίκτυο της πόλης την παραγόμενη και μη αποθηκεύσιμη ενέργεια, ενώ ταυτόχρονα θα παραλαμβάνει τα ίδια ποσά ενέργειας από το προαναφερθέν δίκτυο όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο. Επιπλέον, μια πιο εξελιγμένη μορφή της παραπάνω μεθόδου είναι ο λεγόμενος εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός (Virtual Net Metering). Αναλυτικότερα, σε περίπτωση που το υπό μελέτη σύστημα δεν έχει τον διαθέσιμο χώρο για την εγκατάσταση των συστημάτων παραγωγής, θα εγκατασταθούν σε διαφορετική περιοχή και θα διατεθεί εκεί η παραγόμενη ενέργεια τους. Παράλληλα, το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης θα παραχωρήσει τα ίδια ποσά ενέργειας στο λιμάνι, αποδεσμεύοντάς το από τη μεταφορά του. Αξίζει να σημειωθεί ότι και στις δύο περιπτώσεις το μελετηθέν σύστημα θα παρέμενε συνδεδεμένο με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης λόγω της εξάρτησης των συστημάτων ΑΠΕ από τις κλιματολογικές συνθήκες, για περισσότερη αξιοπιστία.



Εικόνα 1.8. Τυπικό διάγραμμα net metering (Andreas Poulikkas, George Kourtis, 2013)

Εκτός από τα παραπάνω μέτρα, υπάρχουν και ποικίλες πολιτικές που μπορούν να εφαρμοστούν είτε από την διοίκηση του λιμανιού είτε από τους ιδιοκτήτες των εταιριών που δραστηριοποιούνται εκεί. Για παράδειγμα, οι ναυτιλιακές εταιρίες που στεγάζονται εκεί μπορούν να αλλάξουν τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα πλοία με λιγότερο ρυπογόνα όπως πετρέλαιο ντίζελ (MGO) με έκλυση $3,206 \text{tnCO}_2/\text{tn-καυσίμου}$ σε μαζούτ (Heavy fuel oil) με $3,114 \text{tnCO}_2/\text{tn-καυσίμου}$ και υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) με $2,750 \text{tnCO}_2/\text{tn-καυσίμου}$ (κατ' εξουσιοδότηση κανονισμός (ΕΕ) 2016/ 2071 της επιτροπής - της 22ας Σεπτεμβρίου 2016 - Για Την Τροποποίηση Του Κανονισμού (ΕΕ) 2015/ 757 Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου Και Του Συμβουλίου Όσον Αφορά Τις Μεθόδους Για Την Παρακολούθηση Των Εκπομπών Διοξειδίου Του Άνθρακα, Τους Κανόνες Παρακολούθησης Και Άλλες Σχετικές Πληροφορίες, n.d.). Επιπρόσθετα, πολλά λιμάνια προκειμένου να βελτιώσουν την ατμόσφαιρα στην γύρω περιοχή επέβαλαν νέα πολιτική με περιορισμούς στην ταχύτητα πλεύσης σε ακτίνα 20 μιλίων από το λιμάνι και με ανώτατο όριο ταχύτητας τα πέντε ναυτικά μίλια, αποσκοπώντας στην καλύτερη καύση για ελάττωση των εκλυόμενων ρύπων (εικόνα 1.9) (Tsai et al., 2018). Η συγκεκριμένη στρατηγική έχει ορατό αποτέλεσμα αφού το παραγόμενο CO_2 έχει κατακόρυφη πτώση, καθώς οι ταχύτητες πλεύσης μειώνονται.



Εικόνα 1.9. Διακύμανση εκλυόμενων ρύπων σε σχέση με την ταχύτητα πλεύσης για το έτος 2015 (Lalla-Ruiz et al., 2019)

Μια επιπλέον μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί με εξαιρετικά αποτελέσματα είναι η κυκλική οικονομία. Η πολιτική που ακολουθείται είναι η χρήση ενός αποβλήτου από μια διεργασία ως πρώτη ύλη ή μέσο για την παραγωγή ενός άλλου νέου προϊόντος. Για παράδειγμα, έχει χρησιμοποιηθεί ως βάση ρυπασμένο έδαφος με βαρέα μέταλλα από τον πυθμένα του λιμανιού για την παρασκευή καλής ποιότητας σκυροδέματος για την επέκτασή του (Carpenter et al., 2018).

1.3.2 : Νομοθεσία λιμένων

Καμία από τις παραπάνω ενέργειες δεν θα μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς την υποστήριξη της κατάλληλης νομοθεσίας. Η νομοθεσία αποτελεί το καλύτερο κίνητρο σε περιπτώσεις σαν και αυτές, μιας και μπορεί να ασκήσει πίεση με ποινές για τους παραβάτες ή επιβραβεύσεις για αυτούς που συμμορφώνονται. Επιπλέον, έτσι ορίζονται τα αποδεκτά περιβαλλοντικά όρια των εκλυόμενων ρύπων, πράγμα το οποίο βοηθάει στην αξιολόγηση των μετρήσεων που λαμβάνονται και κατ' επέκταση αυτών που ρυπαίνουν. Τέτοιες νομοθεσίες είναι η Οδηγία 2008/50/ΕΚ και Οδηγία 2004/107/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Πίνακας 1.2. Τομείς βελτίωσης λιμένων ανά έτος (Pallis & Vaggelas, 2019) (Woo et al., 2018)

Έτος	1996	2004	2009	2013	2017
1 ^ο	Θαλάσσια ανάπτυξη λιμένα	Απόβλητα λιμένα	Θόρυβος	Ποιότητα αέρα	Ποιότητα αέρα
2 ^ο	Ποιότητα νερού	Διεργασίες εκβάθυνσης	Ποιότητα αέρα	Απόβλητα λιμένα	Κατανάλωση ενέργειας
3 ^ο	Διάθεση εδάφους από εκβάθυνση	Διάθεση εδάφους από εκβάθυνση	Απόβλητα λιμένα	Κατανάλωση ενέργειας	Θόρυβος
4 ^ο	Διεργασίες εκβάθυνσης	Σκόνη	Διεργασίες εκβάθυνσης	Θόρυβος	Ποιότητα νερού
5 ^ο	Σκόνη	Θόρυβος	Διάθεση εδάφους από εκβάθυνση	Απόβλητα πλοίου	Διεργασίες εκβάθυνσης
6 ^ο	Επέκταση λιμένα (Ξηρά)	Ποιότητα αέρα	Σχέση με τοπική κοινότητα	Σχέση με τοπική κοινότητα	Απόβλητα λιμένα
7 ^ο	Μολυσμένο έδαφος	Επικίνδυνα φορτία	Κατανάλωση ενέργειας	Διεργασίες εκβάθυνσης	Επέκταση λιμένα (Ξηρά)
8 ^ο	Απώλεια/υποβάθμιση ενδιαιτήματος	Ανεφοδιασμός καυσίμου	Σκόνη	Σκόνη	Σχέση με τοπική κοινότητα
9 ^ο	Κίνηση	Επέκταση λιμένα (Ξηρά)	Θαλάσσια ανάπτυξη λιμένα	Επέκταση λιμένα (Ξηρά)	Απόβλητα πλοίου
10 ^ο	Βιομηχανικά λύματα	Εκφόρτωση πλοίου	Επέκταση λιμένα (Ξηρά)	Ποιότητα νερού	Κλιματική αλλαγή

Στο χρονικό διάστημα από το 1996 έως και το 2017 έχουν πραγματοποιηθεί πέντε τροποποιήσεις στις κατηγορίες που θα πρέπει να στοχευθούν προκειμένου να μειωθούν οι

εκλυόμενοι ρύποι από τους λιμένες. Όπως διακρίνεται, η καταναλισκόμενη ενέργεια έχει ανέβει σταδιακά στην κατάταξη φτάνοντας την δεύτερη θέση το 2017 ([πίνακας 1.2](#)).

Πίνακας 1.3.Ιεραρχία τομέων βελτίωσης λιμένων για το 2017

1	Ποιότητα αέρα	Αυξημένη συγκέντρωση αέριων σωματιδίων και ρύπων λόγω της ναυτιλιακής και βιομηχανικής δραστηριότητας.
2	Κατανάλωση ενέργειας	Κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας με μεγάλες διακυμάνσεις λόγω των δραστηριοτήτων στον χώρο του λιμανιού.
3	Θόρυβος	Αξιολόγηση της έντασης του ήχου πάνω των επιτρεπτών ορίων λόγω της κίνησης των πλοίων, των οχημάτων και της βιομηχανικής δράσης στον χώρο του λιμένα.
4	Ποιότητα νερού	Αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στο νερό όπως βαρέων μετάλλων και χημικών ενώσεων εξαιτίας της βιομηχανικής λειτουργίας, της κίνησης των πλοίων και οχημάτων στον χώρο του λιμένα.
5	Διεργασίες εκβάθυνσης	Εκβάθυνση του πυθμένα για ασφαλέστερη διέλευση των πλοίων.
6	Απόβλητα λιμένα	Καλύτερη διαχείριση των παραγόμενων απορριμμάτων στον χώρο του λιμένα, καθώς και από τα πλοία που σταθμεύουν εκεί.
7	Επέκταση λιμένα (Ξηρά)	Επέκταση του λιμένα για την αύξηση των δραστηριοτήτων και της παραγωγικότητάς του.
8	Σχέση με τοπική κοινότητα	Εδραίωση σχέσεων με την τοπική κοινότητα για καλύτερη συνεργασία με λιγότερες συντριβές.
9	Απόβλητα πλοίων	Καλύτερη διαχείριση των παραγόμενων απορριμμάτων των πλοίων.
10	Κλιματική αλλαγή	Εφαρμογή μέτρων στον χώρο των λιμένων με γενικότερο αντίκτυπο στην κλιματική αλλαγή.

1.3.3 : Φωτισμός λιμένων

Ένας τομέας που συχνά δεν λαμβάνεται υπόψιν για τις μεγάλες καταναλώσεις του είναι αυτός του εσωτερικού και εξωτερικού φωτισμού στον χώρο του λιμένα, λόγω των παρωχημένων φωτιστικών που είναι εγκατεστημένα. Αυτό συμβαίνει, διότι η διοίκηση

του λιμένα δεν έχει μεριμνήσει για τον εκσυγχρονισμό των λαμπτήρων κυρίως λόγω του μεγάλου κόστους τους. Επιπλέον, εξαιτίας του είδους των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται στον χώρο αυτό, η ΕΕ έχει θεσπίσει νομοθετικά όρια στα χαρακτηριστικά του φωτισμού, προκειμένου να είναι επαρκή και να μην δημιουργείται οπτική όχληση στους διαβαίνοντες και στους εργαζόμενους ([πίνακας 1.4](#)). (Lighting of Work Places-Part 2: Outdoor Work Places, 2007).

Πίνακας 1.4. Κατηγοριοποίηση χώρων ανάλογα με τον φωτισμό που απαιτείται

Είδος περιοχής, εργασίας ή δραστηριότητας	E_m	U_0	GR_L	R_a
Γενικός φωτισμός χώρου ναυπηγείων, χώροι αποθήκευσης προκατασκευασμένων αγαθών.	20	0,25	55	40
Βραχυπρόθεσμος χειρισμός μεγάλων μονάδων	20	0,25	55	20
Καθαρισμός κύτους του πλοίου	50	0,25	50	20
Βάψιμο και συγκόλληση του κύτους του πλοίου	100	0,4	45	60
Τοποθέτηση ηλεκτρικών και μηχανικών εξαρτημάτων	200	0,5	45	60

- U_0 : Εκφράζει την ελάχιστη ομοιομορφία φωτεινότητας κάθε χρώματος.
- E_m : Τιμή κάτω από την οποία δεν επιτρέπεται να πέσει η μέση φωτεινότητα σε μια επιφάνεια.
- GR_L : Ανώτατο όριο λάμψης.
- R_a : Δείκτης ο οποίος δείχνει την χρήση του κάθε χρώματος. Τα ασφαλή χρώματα έχουν τιμή κάτω από 20 ενώ η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει είναι 100.

1.4 Διεθνείς Οργανισμοί και σχέδια διαχείρισης

1.4.1 : ΔΟΘ

Με την σειρά του ο ΔΟΘ φρόντισε να πάρει μέτρα, προκειμένου να μειωθούν οι αέριες εκπομπές μέσα στις επόμενες δεκαετίες. Πρώτα θέσπισε μια μέθοδο μέτρησης των εκπομπών, την λεγόμενη Energy Efficiency Design Index (EEDI)(Implementing Energy Efficiency Design Index (EEDI), n.d.). Η μέθοδος αυτή υπολογίζει τις αέριες εκπομπές σε γραμμάρια CO₂ ανά ναυτικό μίλι και διαφοροποιείται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε πλοίου όπου εφαρμόζεται. Έτσι, υπάρχει πλέον ένας διεθνής τρόπος μέτρησης των αερίων εκπομπών δίνοντας τη δυνατότητα να τεθούν οι πρώτοι ενιαίοι παγκόσμιοι στόχοι. Ο πρώτος στόχος που τέθηκε ανέρχεται σε 10% μείωση, με περεταίρω αναθεώρηση κάθε πέντε χρόνια, για να συμπεριληφθεί η τεχνολογική πρόοδος στους υπολογισμούς. Η μέθοδος EEDI αναπτύχθηκε για να καλύψει τους πιο ρυπογόνους τομείς της ναυσιπλοΐας όπως τα δεξαμενόπλοια, τα φορτηγά πλοία, τα φορτηγά ψυγεία ή κάποιον συνδυασμό αυτών. Αργότερα σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν τα πλοία με LNG ως καύσιμο, τα κρουαζιερόπλοια και αυτά που μεταφέρουν τροχοφόρα. Στο σύνολο τους οι παραπάνω

κατηγορίες πλοίων είναι υπεύθυνες για περίπου το 85% των εκπομπών CO₂ των διεθνών μεταφορών.

1.4.2 : Σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου(SEEMP)

Επιπλέον, για να εδραιωθούν περισσότερο τα παραπάνω μέτρα, δημιουργήθηκε το SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), 2012) ένα πιο γενικό και στοχευμένο σχέδιο με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης των πλοίων από οικονομικής πλευράς. Η πρώτη ενέργεια που πραγματοποιήθηκε ήταν μια εμπεριστατωμένη σύνοψη της κλιματικής αλλαγής, της απαιτούμενης εργασίας και των μελλοντικών στόχων του ΔΟΘ, με σκοπό τη δημιουργία τεχνικών εργαλείων και μαθημάτων. Αυτά τα εργαλεία και τα προγράμματα μαθημάτων διοχετεύτηκαν αργότερα στις ναυτιλιακές εταιρίες με σκοπό τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων κάθε είδους (στερεών, υγρών ή αέριων).

1.4.3 : Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος(Marine Environment Protection Committee)

Η πρώτη απόπειρα παραδόθηκε στην MEPC κάτω από το όνομα MEPC 62 (Maritime Organization, n.d.) την 1^η Ιανουαρίου του 2013 και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με συνεχείς αναθεωρήσεις, φτάνοντας στην MEPC 74 για το 2019, (*Resolution mepc.320(74) 2019 guidelines for consistent implementation of the 0.50% sulphur limit under marpol annex vi*, n.d.) της οποίας οι προτάσεις θα μουν σε εφαρμογή από το επόμενο έτος. Όσον αφορά το πρακτικό κομμάτι δημιουργήθηκε το Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI), ένα εργαλείο που μπορούν να χρησιμοποιούν οι ναυτιλιακές εταιρίες για τη γενικότερη βελτίωση της απόδοσης του στόλου. Η εγκατάστασή του δίνει τη δυνατότητα για τη μέτρηση της απόδοσης του εκάστοτε καυσίμου καθώς και την επιλογή της βέλτιστης διαδρομής, με σκοπό τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων. Μια από τις τελευταίες προσθήκες στο SEEMP για την αύξηση της απόδοσης του εμπορικού στόλου, είναι η εκπαίδευση-ενημέρωση του προσωπικού για τα περιβαλλοντικά ζητήματα, με στόχο την κατανόηση της βαρύτητας που έχει ο ρόλος της δουλειάς τους σε αυτά. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω εργαλείων καλύπτει ένα ευρύ φάσμα τόσο από πλευράς της εκπαίδευσης του ανθρωπίνου δυναμικού όσο και από τεχνολογικής σκοπιάς ώστε να τεθούν τα θεμέλια για μελλοντικές βελτιώσεις.

Υιοθέτηση υποχρεωτικών τροποποιήσεων μέσω του ΔΟΘ.

- Μείωση των αερίων εκπομπών του θερμοκηπίου από τα πλοία.
- Εφαρμογή ορίου στις εκπομπές του θείου το 2020.
- Σχέδιο δράσης για τα θαλάσσια απορρίμματα πλαστικών.
- Εφαρμογή σύμβασης για τη διαχείριση των ρυπασμένων υδάτων.
- Έγκριση καθοδήγησης και σε άλλα περιβαλλοντικά θέματα.
- Τεχνική συνεργασία και δημιουργία νέων μέτρων.

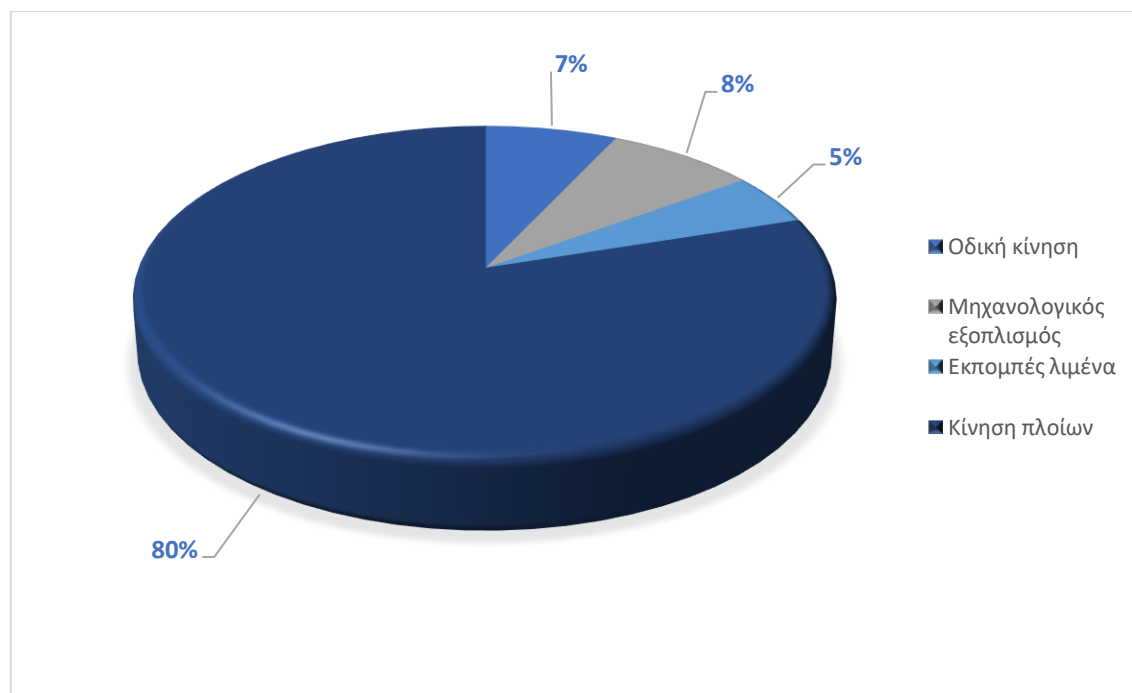
1.4.4 : Αποτελέσματα SEEMP και EEDI

Οι χώρες που αποφάσισαν να ακολουθήσουν τους κανονισμούς του ΔΟΘ συγκαταλέγονται είτε στις αναπτυσσόμενες είτε στις ανεπτυγμένες και ευθύνονται περίπου για το 80% του παγκόσμιου εμπορίου και το 75% του παραγόμενου CO₂. Αυτοί οι κανονισμοί είναι

υποχρεωτικοί για όλα τα πλοία πάνω από 400 τόνους ολικής χωρητικότητας, ανεξαρτήτως της χώρας απ' όπου προέρχονται. Οι κανονισμοί αυτοί τέθηκαν σε ισχύ από 1^η Ιανουαρίου του 2013 και εκτιμάται ότι μέχρι το 2020 θα εξοικονομούν έως και 200 τόνους CO₂ λόγω της εισαγωγής του SEEMP και EEDI κάθε χρόνο. Ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί σε 420 τόνους CO₂ ανά έτος μέχρι το 2030. Πιο συγκεκριμένα, η ποσοστιαία μείωση μέχρι το 2020 αναμένεται μεταξύ 10-17% και μέχρι το 2030 από 19-26%. Από οικονομικής πλευράς, για τις ίδιες χρονικές περιόδους η χρηματική εξοικονόμηση εκτιμάται από 20-80 δις. \$ και από 90-310 δις. \$ αντίστοιχα.

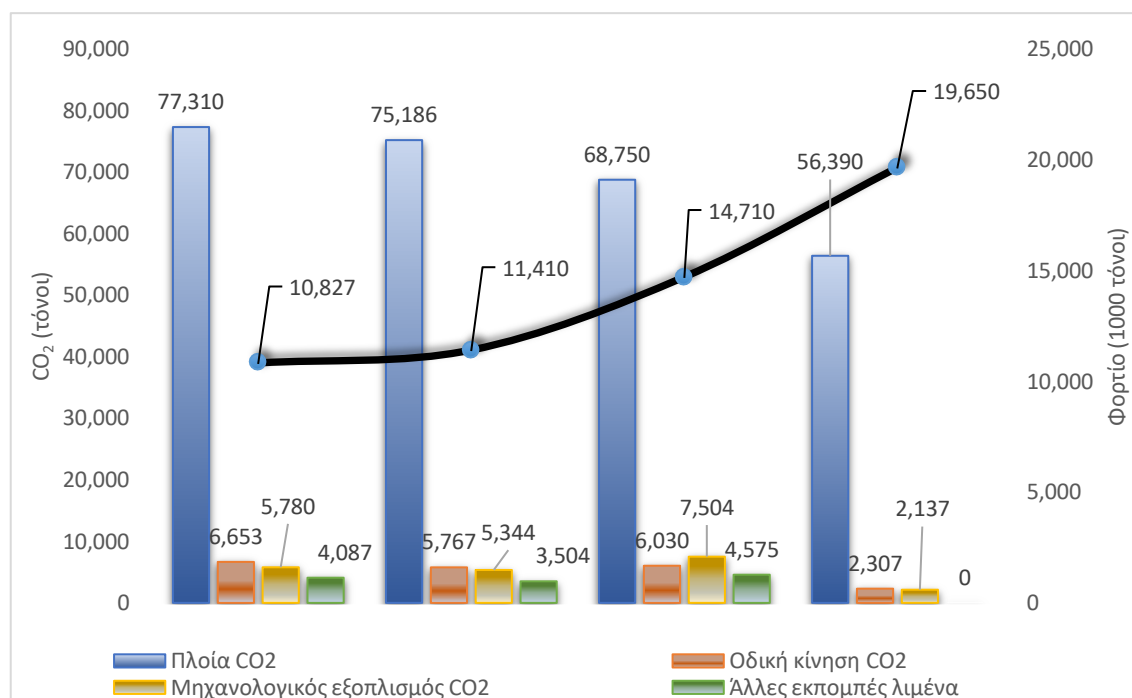
1.5 : Αποτελέσματα εφαρμοσμένων μέτρων στο λιμάνι του Ελσίνκι (*Port of Helsinki 100% Carbon Neutral by 2035, n.d.*)

Αναγνωρίζοντας το σοβαρό πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, το λιμάνι του Ελσίνκι αποφάσισε να εφαρμόσει στην πράξη κάποια από τα μέτρα που προαναφέρθηκαν προκειμένου να μειωθούν οι αέριες εκπομπές. Ο τελικός στόχος που έχει τεθεί είναι να γίνει μηδενικών αερίων εκπομπών (Carbon Neutral), με τον πιο άμεσο, την μείωση των συνολικών εκπομπών CO₂ κατά τουλάχιστον 30% στην περιοχή του λιμένα μέχρι το έτος 2035.



Εικόνα 1.10. Εκπομπή CO₂ ανά τομέα στο λιμάνι του Ελσίνκι

Τα ακριβή μέτρα που πάρθηκαν από τη διοίκηση του λιμένα, αποτελούνται από την παράκτια παραγωγή ενέργειας (OSPS), με στόχο τη μείωση των εκπομπών έως και 50% όταν τα πλοία είναι σταθμευμένα στο λιμάνι. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν η αλλαγή των συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα για τον μηχανικό εξοπλισμό του και η εγκατάσταση λαμπτήρων LED και αντλιών θερμότητας στα κτήρια για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης.



Εικόνα 1.11. Μεταβολή παραγόμενου CO₂ ανά τομέα, και διέλευση φορτίων στην πάροδο του χρόνου στο λιμάνι του Ελσίνκι

Όλα τα παραπάνω μέτρα απέδειξαν έμπρακτα ότι μπορούν να εφαρμοστούν και να έχουν θετικό αποτέλεσμα τόσο στο περιβάλλον όσο και στην οικονομία του λιμανιού. Αυτό που απεικονίζεται στο παραπάνω διάγραμμα είναι η μείωση του CO₂ σε κάθε τομέα εκπομπής του λιμένα με την εγκατάσταση των μέτρων που προαναφέρθηκαν στην πάροδο του χρόνου καθώς και οι στόχοι που έχουν τεθεί μέχρι το έτος 2035 (εικόνα 1.11). Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός, ότι η οικονομία του λιμένα αντί να πληγεί από τα περιβαλλοντικά μέτρα λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους της επένδυσής τους, αύξησε τα διερχόμενα φορτία, αποδεικνύοντας ότι τα μέτρα αυτά πέρα από τη μείωση των ρύπων που προσφέρουν, αποτελούν και μια δελεαστική επένδυση.

1.6 : Σκοπός και επιμέρους στόχοι

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η αποτύπωση και η αξιολόγηση της ενεργειακής κατάστασης του λιμένα Ηρακλείου προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ενεργειακή αναβάθμισή του με τη διαστασιολόγηση ΑΠΕ, συστημάτων αποθήκευσης και της μεθόδου του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού. Στόχος της, η ανεξαρτητοποίηση του λιμένα από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματός του.

Οι επιμέρους στόχοι περιλαμβάνουν:

1. Μελέτη, την εμβάθυνση και κατανόηση της ενεργειακής κατανάλωσης στην περιοχή του λιμένα.
2. Την μοντελοποίηση της τρέχουσας κατάστασης με την χρήση του HOMER.

3. Την εισαγωγή και διαστασιολόγηση των κατάλληλων συστημάτων ΑΠΕ για την αναβάθμισή του.
4. Την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και των τελικών μοντέλων που καλύπτουν τον απαιτήσεις που έχουν τεθεί.

Κεφάλαιο 2^ο: Κριτική Βιβλιογραφίας

Μια αξιοσημείωτη ερευνητική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας και αριθμού των ξηρών λιμανιών (dry ports) με την εφαρμογή του Nash equilibrium. Ο παραπάνω αλγόριθμος λαμβάνει υπόψιν παραμέτρους όπως η τοποθεσία, ο τρόπος μεταφοράς των φορτίων, το κόστος καθώς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (CO_2 equivalent) κτλ. ώστε να κατατάξει τις λύσεις με βάση την αποτελεσματικότητά τους. Σε παράδειγμα που μελετήθηκε λήφθηκαν υπόψιν 1764 μεταβλητές που εξήγαγαν 127 διαφορετικά αποτελέσματα (Xu et al., 2018).

Μια εξίσου σημαντική έρευνα πραγματοποιήθηκε από το πανεπιστήμιο του Liverpool σε συνεργασία με αυτό της Wuhan. Ο σκοπός της ήταν να εκτιμηθεί η φιλικότητα πέντε λιμανιών προς το περιβάλλον με δύο τρόπους. Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος αναλύει πέντε ομάδες παραμέτρων, τις DPSIR (Drivers, Pressures, States, Impacts, Responses) με την χρήση ενός λογισμικού και ο δεύτερος τρόπος είναι η παραπάνω εκτίμηση να παρθεί από τις γνώμες 20 ειδικών που ασχολούνται με την λειτουργία και διοίκηση λιμανιών. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο αυτών μεθόδων καταλήγει στο ότι οι ειδικοί υποτιμούν την ρύπανση που παράγουν οι προαναφερθέντες λιμένες σε σχέση με τα αποτελέσματα του λογισμικού (Wan et al., 2018).

Μια ιδιαίτερη έρευνα επικεντρώθηκε στους κύριους παράγοντες σύνθεσης ενός Συνεταιρισμού Ανανεώσιμης Ενέργειας ώστε να μειωθεί το επίπεδο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και του κόστους της ενέργειας που καταναλώνεται. Για να επιτευχθεί αυτό ο Συνεταιρισμός προχώρησε σε μια έρευνα δύο βημάτων. Το πρώτο ήταν η μελέτη αντίστοιχων Γερμανικών Συνεταιρισμών που θεωρούνται πρωτοπόροι στον τομέα αυτόν και κυρίως επειδή το περιβάλλον των συνεταιρισμών αυτών είναι παρόμοιο με της Ολλανδίας που μελετάται. Το δεύτερο βήμα είναι να εντοπιστούν τα χαρακτηριστικά εκείνα που ταιριάζουν στην περίπτωση της μελέτης και να προταθεί το τελικό σχέδιο για εφαρμογή. Εν τέλει συμπεράναν ότι τα χαρακτηριστικά εκείνα που απαιτούνται είναι ένα μείγμα κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων. Κάποιο από αυτά είναι να επιχειρηματολογήσουν υπέρ των ΑΠΕ και της βιωσιμότητάς τους, ώστε να προσελκύσει εταιρίες με χαμηλά τιμολόγια (Hentschel et al., 2018).

Μια ενδιαφέρουσα οπτική μελετήθηκε για τον κύκλο ζωής των λιμανιών σε συνδυασμό με την κυκλική οικονομία. Πιο συγκεκριμένα ο κύκλος ζωής ενός λιμανιού περνούσε μέχρι πρότινος από τα πέντε εξής στάδια (ανάπτυξη, ωρίμανση, απαρχαίωση, εγκατάλειψη και τέλος αναδιάρθρωση). Σε παράδειγμα που παρουσίασαν οι αρθρογράφοι, με την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας, χρησιμοποιήθηκε ρυπασμένο εδαφικό υλικό ως βάση για την δημιουργία σκυροδέματος κατάλληλου για την επέκταση του υπάρχοντος λιμανιού. Αυτή η ενέργεια είχε ως αποτέλεσμα την κάλυψη των νέων αναγκών του, και του επέτρεψαν να

παραμένει ανταγωνιστικό ενώ συγχρόνως περιορίστηκε η εξάπλωση των ρύπων(Carpenter et al., 2018).

Μια ενδιαφέρουσα έρευνα που συνοψίζει ένα από τα πιο μείζονα ενεργειακά προβλήματα., αναφέρεται στο πρόβλημα της αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες, που συνδέεται άμεσα με την εφαρμογή των ΑΠΕ. Πιο αναλυτικά συγκρίνει τα χαρακτηριστικά των υπαρχουσών μπαταριών(κύκλος ζωής ,κόστος, χωρητικότητα κτλ.) που αποτελούνται από χημικά στοιχεία όπως Al, C, Pb, V, Na και Li, τις εφαρμογές τους, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους καθώς και την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας τους σε μεγαλύτερη κλίμακα με χρήση συστήματος διαχείρισης και νέων ημιαγωγών(Zhang et al., 2018).

Μια σημαντική ερευνητική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό να αναλύσει σε βάθος τον τομέα της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος στα λιμάνια και την επίδραση των διαφόρων ταχυτήτων πλεύσης στις αέριες εκπομπές. Πιο αναλυτικά για να επιτευχθεί η βιωσιμότητα, πρέπει πρώτα να υποστηριχτεί από την νομοθεσία, την κοινωνία και την διοίκηση του λιμανιού αλλά πάνω από όλα να είναι οικονομικά ελκυστική ώστε να κερδίσει παραπάνω έδαφος και να προσελκύσει τους απαραίτητους επενδυτές. Επιπλέον πρέπει να οριστούν κάποιοι δείκτες για να αξιολογείται η απόδοση των μέτρων που πάρθηκαν. Έπειτα από μελέτη σε διάφορες ταχύτητες πλεύσης κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε ένα φορτηγό πλοίο των 10.000 TEU, η μείωση της ταχύτητας από τους 20-25 κόμβους σε 15-18 εξοικονομεί ως και 275tn καυσίμου την ημέρα με την αντίστοιχη μείωση στις εκπομπές(Lalla-Ruiz et al., 2019).

Μια σημαντική έρευνα για την κατανόηση της συμπεριφοράς των αέριων ρύπων στα λιμάνια πραγματοποιήθηκε στο λιμάνι Taichung στην Ταϊβάν καθώς και για τα μέτρα που λήφθηκαν για την μείωση τους. Πιο αναλυτικά η επιτροπή προστασίας του περιβάλλοντος της χώρας υπολόγισε τους αέριους ρύπους γύρω από την περιοχή του λιμανιού, θέσπισε και ανέλυσε εννέα κύριες στρατηγικές μείωσης τους μαζί με τρεις νέες προσθήκες για την μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων. Κάποιες από αυτές είναι η μείωση της ταχύτητας των πλοίων σε ακτίνα 20 μιλίων από το λιμάνι, η χρήση ΑΠΕ στην περιοχή του λιμένα και συστήματα παρακολούθησης των εκπομπών. Αυτές οι ενέργειες φαίνεται να έχουν αποτέλεσμα αφού η μείωση των ρύπων σε κάποιες περιπτώσεις αγγίζει το 70% με σκοπό αύξησης του ποσοστού αυτού τα επόμενα χρόνια(Tsai et al., 2018).

Μια αξιοσημείωτη ερευνητική εργασία έγινε με σκοπό να συγκριθεί το οικολογικό αποτύπωμα του συστήματος μεταφορών που συνδέει την πόλη με το λιμάνι. Από την ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι η πόλη παράγει σημαντικά περισσότερους ρύπους από το λιμάνι με το οποίο συνδέεται, πολλές φορές έως και 50%. Μετά από επιλογή 365 λιμανιών για μελέτη βρέθηκε ότι τα 76 από αυτά έχουν εντάξει συνολικά 165 πρωτοβουλίες για την μείωση των ρύπων που περιλαμβάνουν τέσσερεις κύριους στόχους και άλλα 10 επιπλέον μέτρα. Κάποια από αυτά που χρησιμοποιούν είναι η μείωση των αερίων εκπομπών, του θορύβου, η αλλαγή της νομοθεσίας και προγράμματα παρακολούθησης(Gonzalez Aregall et al., 2018).

Μια ιδιαίτερη και πρωτότυπη εργασία που πραγματοποιήθηκε, εξετάζει την εφαρμογή δύο συστημάτων παρακολούθησης καιρικών συνθηκών ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ταχύτητα πλεύσης ενός πλοίου με την λιγότερο δυνατή εκπομπή ρύπων. Πιο συγκεκριμένα αναλύει ένα στατικό και ένα δυναμικό μοντέλο που λαμβάνουν υπόψιν τις κλιματολογικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του πλοίου υπό μελέτη για να το πετύχει αυτό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το δυναμικό μοντέλο που λαμβάνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο είναι 2% πιο αποτελεσματικό από το στατικό ενώ παράλληλα μειώνονται οι εκπομπές CO₂ έως και 28% περισσότερο(Wang et al., 2018).

Μια σημαντική δουλειά πραγματοποιήθηκε σκοπό εκτιμηθεί το μέγεθος του οικολογικού προβλήματος που επικρατεί στα λιμάνια της πόλης Xiamen στην Κίνα. Αρχικά, έχει παρατηρηθεί στην περιοχή μείωση της παλίρροιας έως και 40% πράγμα που καθιστά δύσκολη την πρόσβαση των πλοίων στο λιμάνι. Επιπλέον η χλωρίδα και πανίδα της περιοχής έχουν πληγεί από τις εμπορικές δραστηριότητες των προηγούμενων ετών αλλά τα τελευταία δεδομένα δείχνουν τους αριθμούς των ζώων και φυτών που ήταν σε κίνδυνο να έχουν ανακάμψει σημαντικά μιας και η ποιότητα του νερού είναι σχετικά καλή. Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια έχει γίνει προσπάθεια να γίνει χρήση ενέργειας του λιμανιού από ΑΠΕ για την μείωση των ρύπων, πράγμα το οποίο έχει επιτευχθεί σε σημαντικό βαθμό(Wu et al., 2019).

Μια σημαντική έρευνα πραγματοποιήθηκε η οποία αναλύει τα μέτρα που πάρθηκαν από πέντε επιφανή λιμάνια της υψηλίου για την μείωση των αερίων εκπομπών, ενώ ταυτόχρονα κατάφεραν να αυξήσουν την δραστηριότητα στον χώρο τους καθώς και τα έσοδα τους. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν τα λιμάνια Αμβέρσας, Αμβούργου, Λος Άντζελες, Ρότερνταμ και Βανκούβερ. Κάποιες από τις μεθόδους που χρησιμοποίησαν είναι η παράκτια παραγωγή ενέργειας(Cold ironing), κυκλική οικονομία και η έξυπνη διαχείριση ενέργειας. Το αποτέλεσμα μετά από μια δεκαετία προσπαθειών είναι η δραματική πτώση των αερίων εκπομπών, έως και 98% σε ορισμένες περιπτώσεις στην περιοχή γύρω από το λιμάνι(Poulsen et al., 2018).

Μια αξιοσημείωτη ερευνητική εργασία εκπονήθηκε για να διαπιστωθεί κατά πόσο η νομοθεσία γύρω από το περιβάλλον επηρεάζει την οικονομία του λιμανιού. Πιο αναλυτικά η μεθοδολογία που προτείνεται για το μέγιστο αποτέλεσμα αποτελείται από έναν συνδυασμό της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και της πολιτικής του λιμανιού. Το αποτέλεσμα που έχει στο κομμάτι της οικονομίας ο συνδυασμός αυτός δεν είναι ο επιθυμητός λόγω του αυξημένου αρχικού κόστους, αλλά με το πέρασμα του χρόνου αυτό ενδέχεται να αλλάξει μιας και οι αέριες εκπομπές μειώνονται, η υγεία των κατοίκων της περιοχής αυξάνεται και κατ' επέκταση η αξία του λιμανιού(Woo et al., 2018).

Οι Richard Bergqvist και Jason Monios πραγματοποίησαν μια έρευνα που αφορά την μετάβαση των πράσινων λιμανιών (Green Ports) από την θεωρία στην πράξη. Αρχικά αναφέρει τα οικολογικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα λιμάνια, τις επιπτώσεις που επιφέρουν στον άνθρωπο και τέλος τις προσπάθειες που έγιναν ανά τις ηπείρους για την αντιμετώπισή τους. Πιο συγκεκριμένα, μια από τις πιο σύνηθες αλλαγές

των ναυτιλιακών εταιριών ήταν να αλλάξουν το καύσιμο που χρησιμοποιούσαν από μαζούτ (Heavy fuel oil) σε υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) ή πετρέλαιο ντίζελ (MGO) μεταξύ άλλων. Επιπλέον τα λιμάνια που επένδυσαν σε συστήματα ΑΠΕ και διαχείρισης ενέργειας, βελτιώθηκε η σύνδεση τους με την ενδοχώρα με λιγότερες απώλειες, ενώ παράλληλα οι νομοθέτες θέσπισαν αυστηρά όρια για τους αέριους ρύπους. Τα παραπάνω μέτρα φαίνεται να είχαν αποτέλεσμα μιας και οι αέριοι ρύποι μειώθηκαν σημαντικά στις περιοχές που εφαρμόστηκαν (Bergqvist & Monios, 2019).

Μια ερευνητική εργασία εκπονήθηκε για τα περιβαλλοντικά και μη προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα κρουαζιερόπλοια, τα λιμάνια που τα υποδέχονται και τους τρόπους για να επιλυθούν. Πιο αναλυτικά, τα δεδομένα δείχνουν ότι ένα μέσο κρουαζιερόπλοιο παράγει δεκάδες τόνους στερεών αποβλήτων, ρυπασμένου νερού και αέρα σε μια και μόνο διαδρομή, ενώ ένα επιπλέον πρόβλημα που συχνά προσπερνάτε είναι ο θόρυβος από την αποβίβαση των χιλιάδων πολλές φορές επιβατών σε έναν προορισμό με φτωχές υποδομές, που προκαλεί τόσο περιβαλλοντικά όσο και κοινωνικά προβλήματα. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα κατέληξαν σε λύσεις όπως η χρήση καθαρότερων καυσίμων, η εγκατάσταση ΑΠΕ όταν το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι και η καλύτερη οργάνωση στις τουριστικές υποδομές της περιοχής (Pallis & Vaggelas, 2019).

Μια ερευνητική εργασία η οποία εξετάζει τις επενδύσεις που έχουν γίνει για την βιωσιμότητα των λιμανιών και τον βαθμό εμβάθυνσης τους σε αυτήν, πραγματοποιήθηκε από τα πανεπιστήμια του Hong Kong και της Αυστρίας. Πιο αναλυτικά επιλέχθηκαν τέσσερα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Αυστρίας και δόθηκε στα στελέχη τους ένα ερωτηματολόγιο 50 ερωτήσεων που αφορούσε τις κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους που καθιστούν ένα λιμάνι βιώσιμο και έχουν εφαρμοστεί. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλα τα λιμάνια έχουν επενδύσει σε φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες σε μια από τις πέντε παρακάτω μορφές (συναίνεση, συμβιβασμός, αποφυγή, άρνηση και χειραγώγηση) (Vejvar et al., 2018).

Μια ιδιαίτερη και πρωτότυπη ερευνητική εργασία εκπονήθηκε για την κατανόηση της διαχείρισης της ενέργειας για τα μελλοντικά πλοία με την χρήση έξυπνων δικτύων (Smart grid) που πραγματοποιήθηκε από πανεπιστήμιο της Τουρκίας. Πιο αναλυτικά, προτείνεται η χρήση ΑΠΕ στην περιοχή του λιμανιού για την περίοδο που το πλοίο είναι δεμένο εκεί, ενώ ταυτόχρονα η χρήση μπαταριών εντός και εκτός του πλοίου θα συμβάλει σημαντικά στην αυτονομία των εκάστοτε συστημάτων. Επιπλέον η σύνδεση του λιμανιού με την ενδοχώρα με ένα έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο θα δημιουργήσει μια αγοραπωλησία του περίσσιου ρεύματος για την κάλυψη των αναγκών κάθε πλευράς. Όπως έδειξε η ανάλυση των δεδομένων για πέντε χώρες που εφαρμόστηκαν οι παραπάνω προτάσεις, έχουν μειώσει πάνω από 65% στους κυριότερους αέριους ρύπους (Yigit & Acarkan, 2018).

Μια εξίσου σπουδαία δουλειά που πραγματοποιήθηκε, είχε σκοπό να αναπτύσσει ένα μοντέλο που να ορίζει τα βέλτιστα περιβαλλοντικά όρια ώστε να μπορούν να συνυπάρξουν δύο ανταγωνιστές στο ίδιο λιμάνι. Πιο συγκεκριμένα προτείνονται δύο στάδια, το πρώτο είναι να καθορίσει το κράτος τα όρια κάτω από τα οποία θα συνυπάρχουν και το δεύτερο

είναι η διοίκηση του λιμένα να καθορίσει τις αλλαγές αυτές. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δείχνουν ότι με αυτούς τους τρόπους βρέθηκε η χρυσή τομή μεταξύ του κέρδους των δύο αυτών ανταγωνιστών και στην εκπομπή των ρύπων((Kevin) Park et al., 2018).

Μια πολύ σημαντική ερευνητική εργασία υλοποιήθηκε από πανεπιστήμιο της Ιταλίας ώστε να αναλύσει την νομοθεσία γύρω από την περιβαλλοντική βιωσιμότητα στα λιμάνια, την συμβολή της σε αυτήν, το κενό που υπάρχει ανάμεσα τους και τους τρόπους για να επιλυθεί. Πιο αναλυτικά προτάθηκε η χρήση δύο διαχειριστικών λογιστικών εργαλείων όπου το καθένα έχει την δική του εφαρμογή και επικεντρώνεται σε διαφορετικούς περιβαλλοντικούς τομείς. Εξίσου σημαντικό θεωρήθηκε η εκπαίδευση του προσωπικού για περεταίρω περιβαλλοντική ευαισθησία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η βέλτιστη λύση βρίσκεται κάπου στην μέση όσον αφορά την επιλογή λογισμικού, μιας και εστιάζουν σε άλλα θέματα , αλλά για το μέγιστο αποτέλεσμα η εκπαίδευση του προσωπικού κρίνεται απαραίτητη(Di Vaio & Varriale, 2018).

Ένας καινούριος τρόπος που αναβαθμίζει τα έξυπνα δίκτυα στο θέμα του φωτισμού εφευρέθηκε. Πιο αναλυτικά το ηλεκτρικό δίκτυο είναι συνδεδεμένο με ένα καλώδιο Ethernet που εκτός από ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει και δεδομένα που αφορούν τα χαρακτηριστικά του φωτισμού σε πραγματικό χρόνο από έναν μετρητή σε κάθε μια λάμπα LED ξεχωριστά, για να συμπληρώσουν τον φυσικό φωτισμό όπου απαιτείται. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο επιθυμητός φωτισμός σύμφωνα με την νομοθεσία σε κάθε δωμάτιο με την λιγότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας(*US10165656*, n.d.).

Μια εξίσου ενδιαφέρουσα εργασία εκπονήθηκε με σκοπό να αναλύσει τα περιβαλλοντικά προβλήματα που επικρατούν στα λιμάνια της Δυτικής-Κεντρικής Αφρικής όπως τους ρύπους στον αέρα και στο έδαφος, δίνοντας όμως μεγαλύτερη έμφαση στην ρύπανση από πετρελαιοειδή και στην νομοθεσία γύρω από αυτά. Πιο συγκεκριμένα λήφθηκαν υπόψιν ως δείγματα τέσσερα λιμάνια όπου μελετήθηκαν δύο μορφές πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος, με την πρώτη να δίνει την δύναμη σε κρατικούς φορείς ενώ η δεύτερη σε εξωτερικούς μη-κρατικούς φορείς. Το συμπέρασμα που λήφθηκε είναι ότι η πραγματική λύση βρίσκεται στην μέση με την συνεργασία των κρατικών και μη-κρατικών φορέων για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα(Barnes-Dabban et al., 2018).

Κεφάλαιο 3^ο: Περιγραφή λιμένα περίπτωσης

Το λιμάνι του Ηρακλείου χαρακτηρίζεται από έναν ιδιαίτερο σχεδιασμό καθώς συνδυάζει την αρχιτεκτονική ενός μοντέρνου λιμανιού με αυτήν ενός παλαιού. Το νησί ήταν υπό την κυριαρχία των Ενετών για πολλούς αιώνες με αποτέλεσμα την ισχυρή επιρροή τους στην αρχιτεκτονική της πόλης. Υπάρχουν κτήρια που σώζονται μέχρι και σήμερα, με αποκορύφωμα το κάστρο του Κούλε. Η περιγραφή του λιμένα είναι το πιο καθοριστικό στάδιο για την παρούσα μελέτη καθώς η κατανόηση της δομής του και των επιμέρους λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα εκεί, βοηθούν στην ενεργειακή ανάλυση κάθε τμήματός του, δημιουργώντας έτσι τη βάση για την ενεργειακή αναβάθμιση του λιμένα (Koundouraki_Eleni_MSc_2019, n.d.).



Εικόνα 3.12. Λιμάνι Ηρακλείου - Google Earth.

Το λιμάνι του Ηρακλείου είναι το μεγαλύτερο και πιο εξοπλισμένο λιμάνι της Κρήτης. Οι υποδομές του καλύπτουν την αγκυροβόληση μιας μεγάλης ποικιλίας σκαφών, συνδέοντας έτσι τους κατοίκους του νησιού με την πρωτεύουσα και τα κοντινά νησιά του Αιγαίου. Επιπλέον, αναλαμβάνει το μεγαλύτερο βάρος της μεταφοράς των αγαθών από και προς το νησί. Αξίζει να σημειωθεί, ότι πέρα από το λιμάνι του Ηρακλείου, μόνο αυτό των Χανίων αναλαμβάνει την μεταφορά επιβατών και αγαθών ταυτόχρονα από τα υπόλοιπα λιμάνια της Κρήτης. Αυτό των Χανίων είναι σημαντικά μικρότερο σε μέγεθος από του Ηρακλείου, γεγονός που καθιστά το δεύτερο, υψίστης σημασίας για την οικονομία και την ανάπτυξη του νησιού. Γι' αυτό τον λόγο η λειτουργία του μένει αδιάκοπη όλο τον χρόνο με αποκορύφωμα την τουριστική περίοδο όπου η πληθώρα των τουριστών επιβαρύνει την αποτελεσματικότητα του λιμένα και κατ'επέκταση της συνολικής λειτουργίας του, μειώνοντας έτσι την απόδοσή του.

Ακολουθεί μια λεπτομερής ανάλυση της δομής του λιμένα ο οποίος έχει χωριστεί με βάση τις τρεις παροχές τροφοδοσίας του, που είναι καταχωρημένες στον ΟΛΗ. Ο στόχος είναι η αποτύπωση του ενεργειακού συστήματός του, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την ενεργειακή του αναβάθμιση.

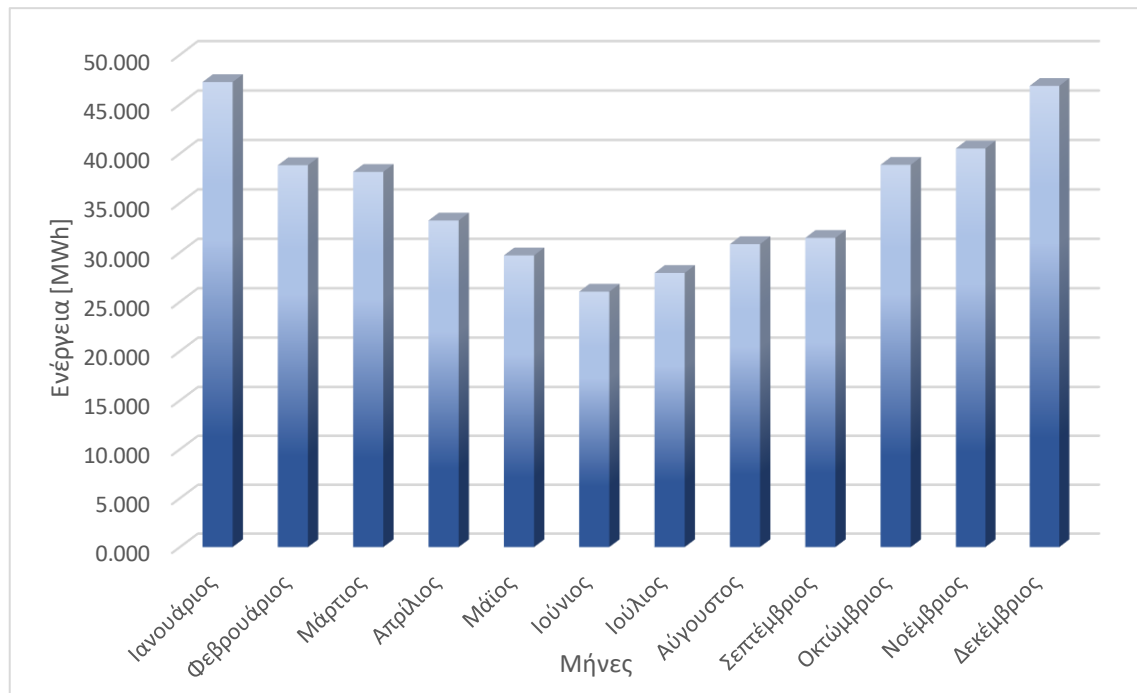
3.1 : Ενεργειακή ανάλυση λιμένα περίπτωσης

3.1.1 : 1^η παροχή τροφοδοσίας

Η 1^η παροχή που είναι και η μικρότερη από τις τρεις, παρέχει ρεύμα στο κεντρικό κτήριο της διοίκησης από τον παραλιακό δρόμο μέχρι τον λιμένα. Σε αυτό το τμήμα λαμβάνονται οι αποφάσεις για θέματα διοίκησής του όπως και η αποχώρηση και η αγκυροβόληση ορισμένων μικρών πλοίων και ψαροκάικων. Τέλος, υπάρχουν υποσταθμοί jet για την ηλεκτροδότηση των πλοίων που παραμένουν αγκυροβολημένα εκεί.



Εικόνα 13. Κεντρικό κτήριο διοίκησης ΟΛΗ - Google Earth



Εικόνα 14. Μέση μηνιαία ηλεκτροδότηση 1ης παροχής. (2010-2019)

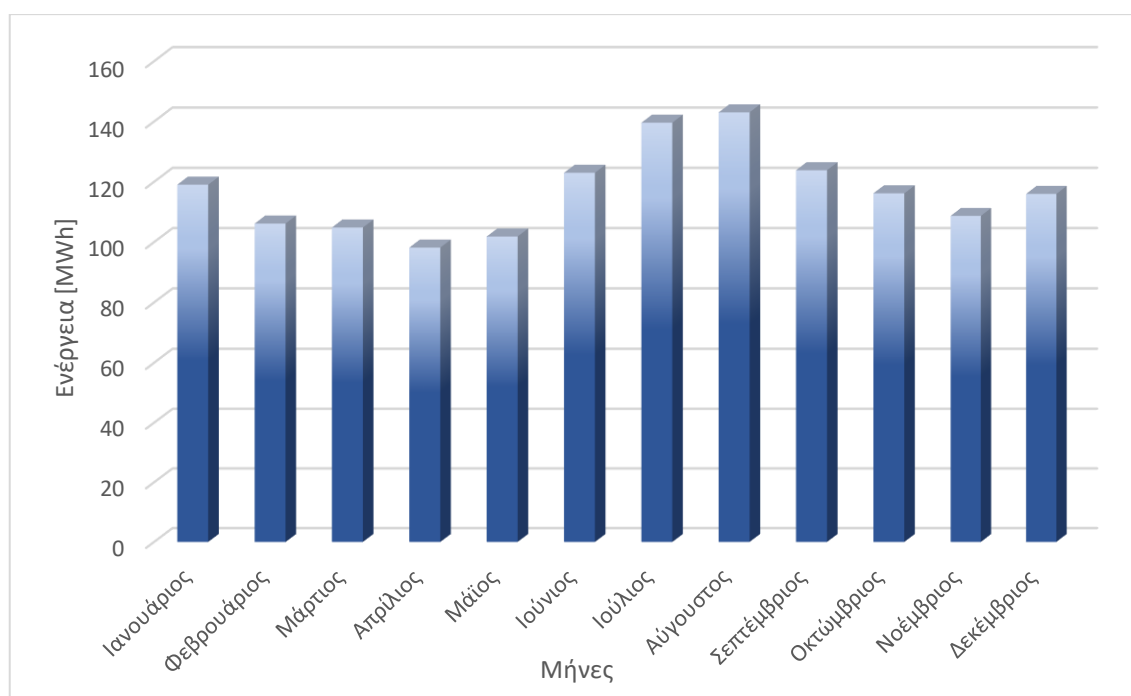
Κατά την διάρκεια του έτους οι μήνες που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη κατανάλωση είναι οι χειμερινοί, με αποκορύφωμα τον Ιανουάριο όπου η καταναλισκόμενη ενέργεια φτάνει τις 47MWh, ενώ την καλοκαιρινή περίοδο (Μάιο-Σεπτέμβριο) παρατηρείται αισθητή μείωση ([εικόνα 3.3](#)). Αυτή δεν είναι η αναμενόμενη διακύμανση καθώς λόγω της πληθώρας των τουριστών που καταφτάνουν τους μήνες αυτούς, θα ανέμενε κανείς την αύξηση της κατανάλωσης. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το συγκεκριμένο τμήμα έχει υψηλά λειτουργικά κόστη όπως ο φωτισμός και η θέρμανση του κεντρικού κτηρίου που οδηγούν στις μεγάλες αυτές καταναλώσεις.

3.1.2 : 2^η παροχή τροφοδοσίας

Η 2^η και πιο σημαντική παροχή ηλεκτροδοτεί το κεντρικό τμήμα του λιμένα μαζί με αυτό της Λεωφόρου Νεάρχου μέχρι τη Λεωφόρο Στέλιου Καζαντζίδη. Εκεί είναι τοποθετημένες συνολικά 4 προβλήτες που αναλαμβάνουν την επιβίβαση και αποβίβαση της πλειοψηφίας του όγκου των επιβατών που μετακινούνται από και προς το λιμάνι. Επίσης, είναι εγκατεστημένοι συνολικά 8 γερανοί που αναλαμβάνουν τη φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων από τους οποίους οι 2 χρησιμοποιούν ντίζελ ως καύσιμο ενώ οι υπόλοιποι 6 λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα από 2 μετασχηματιστές των 1.250W έκαστος. Τέλος, υπάρχει ένας μεγάλος χώρος πάρκινγκ για τη στάθμευση των οχημάτων.



Εικόνα 15. Κυρίως προβλήτες λιμένα - Google Earth



Εικόνα 16. Μέση μηνιαία ηλεκτροδότηση 2ης παροχής (2017-2019)

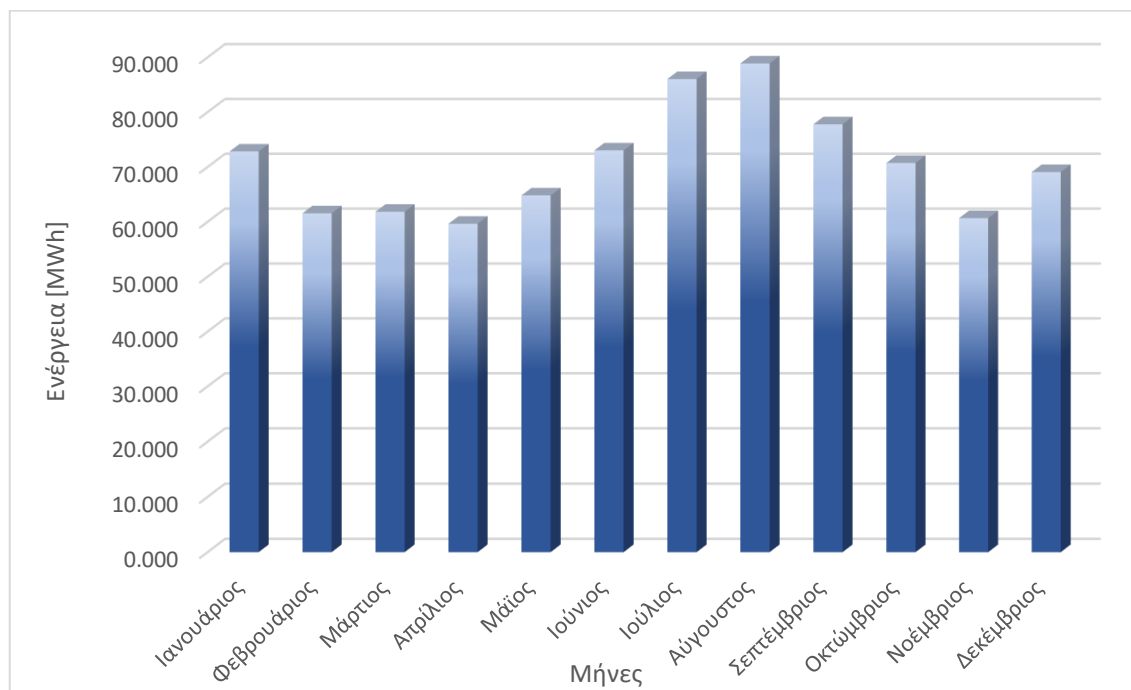
Κατά την διάρκεια του έτους η μηνιαία κατανάλωση εξελίσσεται όπως ήταν αναμενόμενο. Οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται στην διάρκεια του καλοκαιριού (Ιούνιο – Αύγουστο), ενώ τους υπόλοιπους μήνες υπάρχει αισθητή ελάττωση της κατανάλωσης. Η μέγιστη τιμή της παρατηρείται τον Αύγουστο με 143 MWh, ενώ η ελάχιστη τον Απρίλιο με 98 MWh ([εικόνα 3.5](#)).

3.1.3 : 3^η παροχή τροφοδοσίας

Η 3^η και τελευταία παροχή καλύπτει τις ανάγκες της τελευταίας προβλήτας μέχρι το τέλος του λιμένα. Σε αυτό το κομμάτι υπάρχει η τελευταία προβλήτα που χρησιμοποιείται, για την εξυπηρέτηση των μεγάλων πλοίων, επιβατικών και μη, καθώς και ένας χώρος πάρκινγκ για τη στάθμευση λεωφορείων και φορτηγών. Τέλος, το καρνάγιο που στεγάζεται εκεί χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για επισκευές μικρών σκαφών.



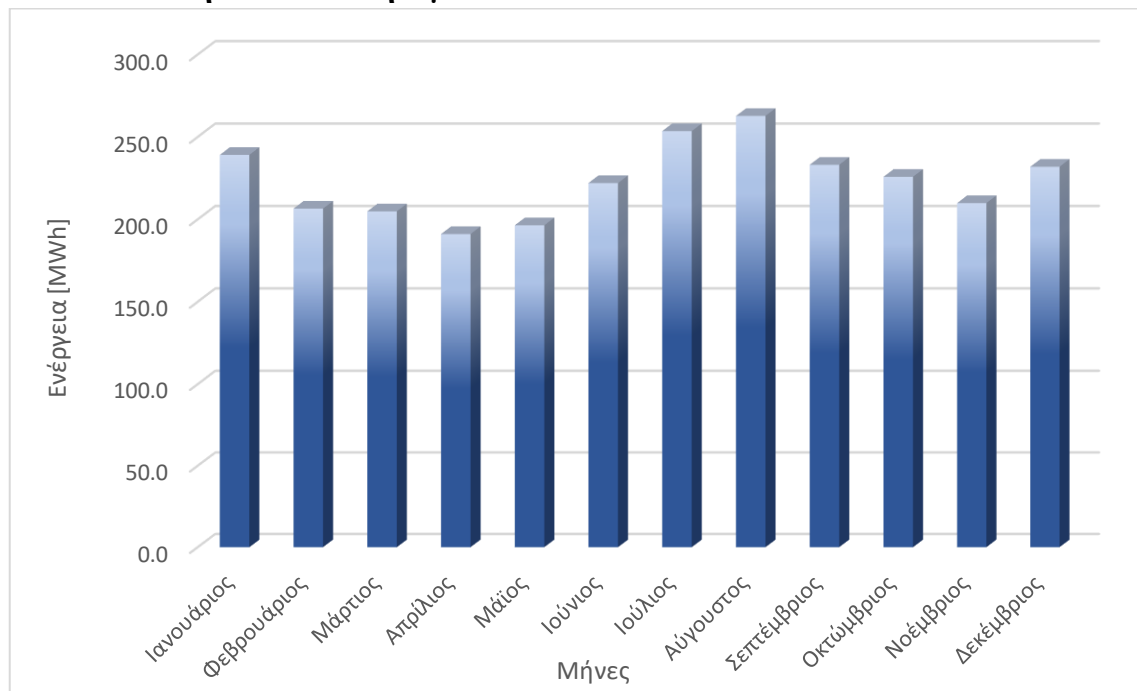
Εικόνα 17. Προβλήτα επιδιορθώσεων - Google Earth



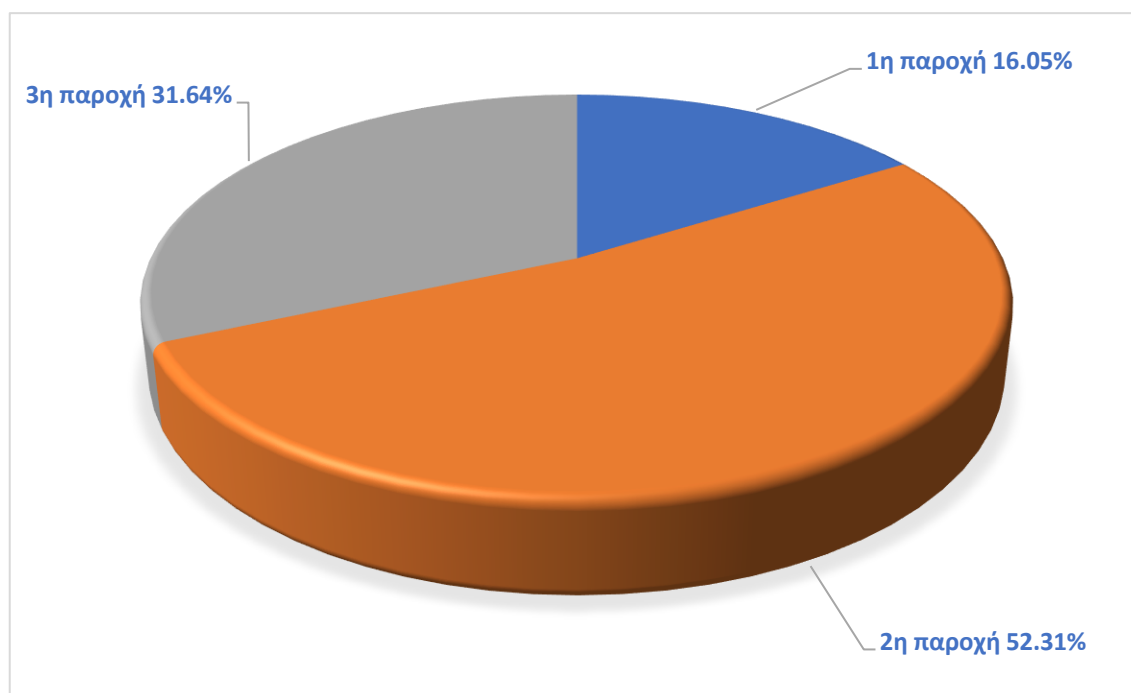
Εικόνα 18. Μέση μηνιαία ηλεκτροδότηση 3ης παροχής (2010-2019)

Κατά την διάρκεια του έτους η μηνιαία κατανάλωση εξελίσσεται όπως και στη δεύτερη παροχή. Οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται στη διάρκεια του καλοκαιριού (Ιούνιο με Αύγουστο), ενώ τους υπόλοιπους μήνες υπάρχει σημαντική μείωση. Η μέγιστη τιμή παρατηρείται τον Αύγουστο με 88MWh, ενώ η ελάχιστη τον Απρίλιο με 59 MWh ([εικόνα 3.7](#)).

3.1.4 : Συνολική κατανάλωση λιμένα.



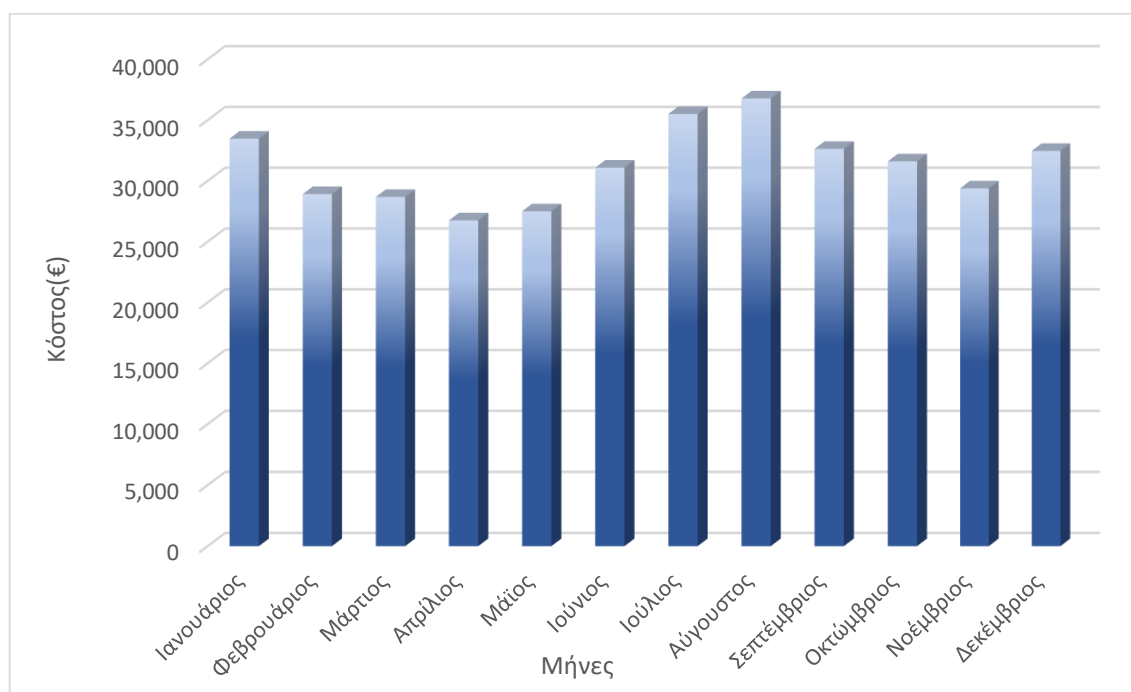
Εικόνα 19. Μέση μηνιαία παροχή λιμένα (2010-2019)



Εικόνα 20. Ποσοστιαία κατανάλωση λιμένα

Τα ποσοστά των επιμέρους παροχών δείχνουν ότι το κεντρικό κομμάτι του λιμένα καταναλώνει το 52% της συνολικής ενέργειας, ενώ πρώτο όπου στεγάζεται το κτήριο διοίκησης μόνο το 16% ([εικόνα 3.9](#)).

3.2 Χρηματοοικονομική ανάλυση ηλεκτρικής κατανάλωσης λιμένα



Εικόνα 21 Μέσο μηνιαίο κόστος ηλεκτροδότησης

Η ετήσια κατανάλωση του λιμένα και από τις τρεις παροχές ανέρχεται στις 2.676,9 MWh. Η μηνιαία διακύμανσή της ακολουθεί το μοτίβο της 2^{ης} και 3^{ης} παροχής, με αυξημένες απαιτήσεις τους καλοκαιρινούς μήνες πιθανότατα λόγω της τουριστικής δραστηριότητας. Αντίθετα, τους χειμερινούς, εξαιτίας της μειωμένης επιβατικής κίνησης διακρίνεται σημαντική μείωση. Η μέγιστη τιμή παρατηρείται τον Αύγουστο με 262 MWh ενώ η ελάχιστη τον Απρίλιο με 191,1 MWh ([εικόνα 3.8](#)).

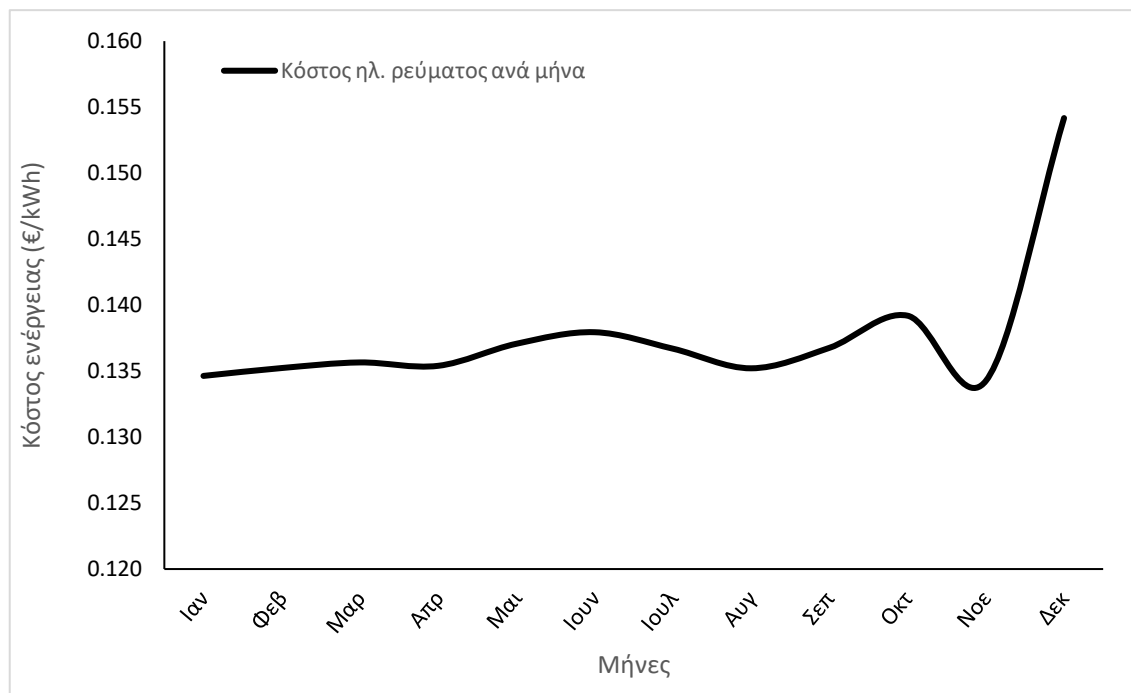
Για την περεταίρω κατανόηση της κατάστασης του λιμένα απαιτείται μια εμπεριστατωμένη ανάλυση του ηλεκτρικού τιμολογίου του, καθώς και διερεύνηση των επιπλέον χρεώσεων που το επιβαρύνουν πέρα από το καθαρό κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος που καταναλώνεται. Όπως προαναφέρθηκε το ηλεκτρικό δίκτυο του λιμένα χωρίζεται σε 3 επιμέρους παροχές, με την εκάστοτε να ηλεκτροδοτεί και ένα ξεχωριστό τμήμα του. Πιο αναλυτικά, τα κόστη των παροχών αυτών για το έτος 2019 είναι:

Συνολική ανάλυση λιμένα

Πίνακας 5. Συνολικά κόστη λιμένα

Μήνες	EY (kWh)	EX (kWh)	AE (kVAr)	Αξία EY(€)	Αξία EX(€)	ΚΠ(€)	ΦΠΑ (€)	Συνολική χρέωση(€)	Συνολικό κόστος ρεύματος (λεπτά/kWh)	ΚΠ ανά καταναλισκόμενη ενέργεια(λεπτά(€)/kWh)
Ιανουάριος	149.070,96	73.248,64	622,49	10.502,05	4.063,84	13.536	1.686,12	29.788,16	1,35	6,09
Φεβρουάριος	127.286,21	65.076,28	538,61	8.967,32	3.610,43	11.934	1.470,71	25.982,61	1,36	6,20
Μάρτιος	117.767,40	65.608,63	513,45	8.296,72	3.639,97	11.404	1.400,46	24.741,49	1,36	6,22
Απρίλιος	104.501,43	63.824,68	471,31	7.362,13	3.540,99	10.508	1.284,66	22.695,61	1,36	6,24
Μάιος	110.794,91	62.616,64	485,55	7.805,50	3.473,97	10.942	1.333,28	23.554,66	1,38	6,31
Ιούνιος	134.967,52	62.258,47	552,23	9.508,46	3.454,10	12.448	1.524,64	26.935,36	1,39	6,31
Ιούλιος	163.253,48	69.803,39	652,56	11.501,21	3.872,69	14.363	1.784,24	31.521,52	1,37	6,16
Αύγουστος	167.423,54	73.091,10	673,44	11.794,99	4.055,09	14.470	1.819,20	32.139,12	1,36	6,02
Σεπτέμβριος	144.159,61	69.611,59	598,56	10.156,04	3.862,05	13.223	1.634,46	28.875,50	1,38	6,19
Οκτώβριος	131.924,78	70.827,73	567,71	9.294,10	3.929,52	13.074	1.577,87	27.875,72	1,40	6,45
Νοέμβριος	126.086,79	69.722,11	548,26	8.882,81	3.868,18	12.012	1.485,78	26.248,86	1,36	6,13
Δεκέμβριος	66.675,23	34.782,19	284,08	4.697,27	1.929,72	8.016	878,57	15.521,48	1,54	7,90
Σύνολο	1.543.911,86	780.471,45	6.508,27	108.768,60	43.300,55	145.931	17.880,00	315.880,08	1,40	6,45

Όπως προαναφέρθηκε ο λιμένας αποτελείται από τρεις παροχές τροφοδοσίας με κάθε μια από αυτές να αναλαμβάνει την ηλεκτροδότηση και διαφορετικού του χωρίου. [\(Πίνακας A-1\)](#) [\(Πίνακας A-4\)](#) [\(Πίνακας A-7\)](#).



Εικόνα 22: Μηνιαία διακύμανση κόστους ηλεκτρικού ρεύματος

3.2.1 : Συμπεράσματα τιμολογίων τριών παροχών

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα το καταναλισκόμενο ηλεκτρικό ρεύμα ευθύνεται για το μισό περίπου κόστος του λογαριασμού, ενώ το υπόλοιπο ποσό είναι από τις επιπρόσθετες χρεώσεις που επιβάλλει ο πάροχος και ο παραγωγός. Αυτές οι χρεώσεις σχετίζονται με τη μεταφορά, τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος, την περιβαλλοντική επιβάρυνση και άλλα. Παρόλα αυτά υπάρχει μηνιαία διακύμανση τόσο στη χρέωσή του όσο και στα ποσά των τιμολογίων. Η διακύμανση αυτή οφείλεται τόσο στο ποσοστό με το οποίο οι ΑΠΕ συνεισφέρουν στο ενεργειακό μείγμα του νησιού κάθε μήνα όσο και στις κυμαινόμενες απαιτήσεις του λιμένα γενικότερα. Το τελικό ετήσιο ποσό πληρωμής της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2019 ανέρχεται στα **315.880€** με τη χρέωσή του να είναι κατά μέσο όρο $1,40 \frac{\text{λεπτά(€)}}{\text{kWh}}$. Από αυτό το ποσό, το κόστος του καταναλισκόμενου ρεύματος είναι $0,0755 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ενώ το υπόλοιπο $0,0645 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ είναι το κόστος των συνολικών παγίων ([πίνακας 3.1](#)). Καταλήγοντας, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι εξίσου κοστοβόρο με τα πάγια που επιβάλλονται, καθώς και η μηνιαία διακύμανσή τους είναι αναπόφευκτη, διότι όλοι οι παράγοντες που τα επηρεάζουν εξαρτώνται από την εποχικότητα.

Ανάλυση παραμέτρων

- Ενέργεια υψηλή: Η ωριαία μεταξύ 07:00 -23:00 τις εργάσιμες μέρες όλο το έτος (kWh).
- Ενέργεια χαμηλή : Η ωριαία μεταξύ 23:00-07:00 τις εργάσιμες μέρες και όλες τις ώρες του Σαββατοκύριακου και των αργιών του έτους (kWh).
- Άεργος ενέργεια: Η ηλεκτρική ενέργεια που μετατράπηκε σε θερμότητα και δεν έφτασε στον αποδέκτη (kVAr).
- Ημέρες περιόδου κατανάλωσης: Οι μέρες του μήνα που καταναλώθηκε ενέργεια.
- MZA: Μέγιστη ζήτηση αιχμής μεταξύ 11:00 – 14:00 (kW).
- ΦΠΑ: Φόρος πρόσθετης αξίας ➔ 6% επί του συνολικού κόστους(€).
- MZ: Μέγιστη ζήτηση στις εργάσιμες μέρες μεταξύ 7:00 – 23:00 (kW).
- KMZ: Καταμετρηθείσα μέγιστη ζήτηση οποιαδήποτε ώρα της ημέρας (kW).
- Συνφ: Συντελεστής με τύπο
$$\text{συνφ} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{\text{Άεργιος ενέργεια}}{\text{Ενέργεια υψηλή} + \text{χαμηλή}}\right)^2}}$$
- Σ.ΧΡΣ: Κατανάλωση περιόδου(kWh)/(24*ημέρες περιόδου κατανάλωσης(30)*KMZ με τύπο
$$\text{Σ.ΧΡΣ} = \frac{\text{Σ(Ενέργεια υψηλή} + \text{χαμηλή)}}{(24 * \text{Ημέρες περιόδου κατανάλωσης} * \text{KMZ})}$$
- ΧΖ : Χρεωστέα ζήτηση.
 - Αν Σ.ΧΡΣ<0,25 τότε:

$$\text{ΧΖ} = \frac{(0,75 + \text{Σ.ΧΡΣ}) * \text{MZ} * \text{Ημέρες περιόδου κατανάλωσης}}{30}$$
 - Αν Σ.ΧΡΣ>0,25 τότε:

$$\text{ΧΖ} = \frac{\text{MZ} * \text{Ημέρες περιόδου κατανάλωσης}}{30}$$

Τιμολόγηση πληρωτέων παραμέτρων λογαριασμού ΔΕΗ

Πίνακας 6. Παράμετροι υπολογισμού τιμολογίων

Πληρωτέα παράμετρος	Κόστος παραμέτρου
XZ	$6,66 \frac{\text{€}}{\text{kW} * \text{Μήνα}}$
EY	$0,07045 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
EX	$0,05548 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
ΕΣΜ	$1,197 \frac{\text{€}}{\text{kW} * \text{Μήνα}}$
ΕΛΔ	$0,328 \frac{\text{€}}{\text{kW} * \text{Μήνα}}$
ΥΚΩ	$0,01790 \frac{\text{€}}{\text{kW} * \text{Μήνα}}$
ΕΤΜΕΑΡ	$0,00878 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
ΛΧ	$0,00007 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
ΕΦΚ	$0,005 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$
Ειδικό τέλος 5‰	(Αξία ρεύματος - ΕΤΜΕΑΡ + Ε.Φ.Κ.)*0,5%

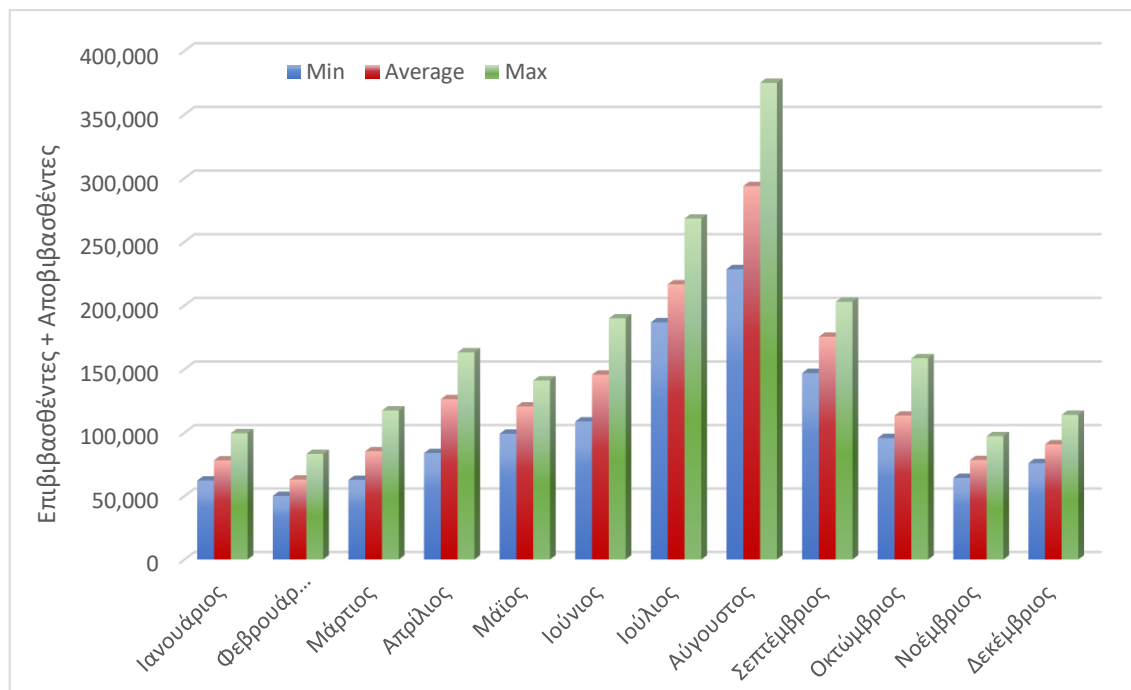
Κόστος δικαιωμάτων εκπομπών CO₂	$0,00721 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * (\text{Συνολικής καταναλώσης})$
---	--

3.3 :Δημογραφικά δεδομένα λιμένα

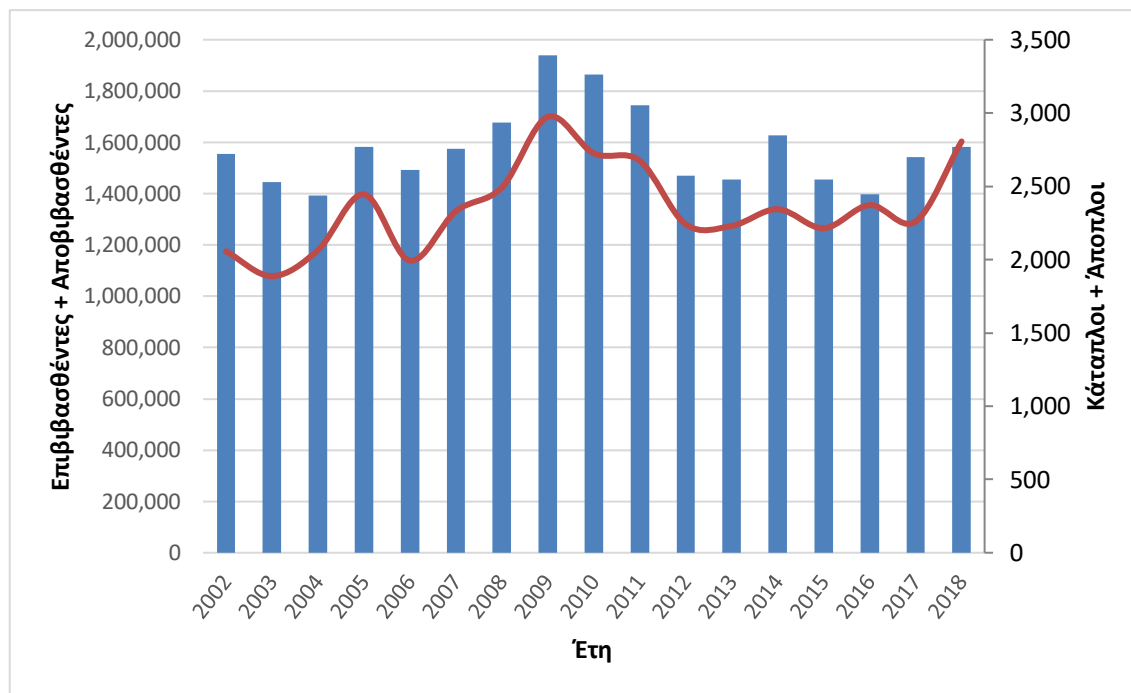
Για την περεταίρω κατανόηση της κατάστασης του λιμένα ήταν απαραίτητο να ληφθούν και να επεξεργαστούν τα δημογραφικά δεδομένα του. Πιο συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τα δεδομένα που αφορούν την προσέλευση και την αποχώρηση επιβατών, των οχημάτων, των κρουαζιερόπλοιων και των φορτηγών πλοίων σε συνδυασμό με τις ενεργειακές καταναλώσεις μπορούν να δώσουν μια πιο σφαιρική ανάλυση της ενεργειακής κατάστασης του λιμένα.

3.3.1 : Επιβατική ακτοπλοΐα λιμένα

Κατά την διάρκεια του έτους, η μηνιαία προσέλευση των επιβατών παραμένει σχετικά σταθερή με εξαίρεση την καλοκαιρινή περίοδο όπου ο αριθμός τους αυξάνεται απότομα. Η σταθερή αυτή προσέλευση ακόμα και τη χειμερινή περίοδο οφείλεται στις καθημερινές γραμμές από και προς την πρωτεύουσα. Παράλληλα, η αύξηση την τουριστική περίοδο (Μάιος-Οκτώβριος) αποδίδεται στο πλήθος των τουριστών που επιλέγουν το νησί ως προορισμό, καθώς και στις δύο ακτοπλοϊκές γραμμές που συνδέουν το λιμάνι με την πρωτεύουσα, σε αντίθεση με τη μια που υπάρχει τους χειμερινούς μήνες ([εικόνα 3.12](#))0.



Εικόνα 23. Μηνιαία προσέλευση και αποχώρηση επιβατών (2002-2015,2017-2018)



Εικόνα 24. Ετήσια προσέλευση και αποχώριση επιβατών (2002-2018)

Παρόλη την μηνιαία διακύμανση, η κίνηση των επιβατών από και προς το λιμάνι τα τελευταία χρόνια παραμένει σχετικά σταθερή ακόμα και την περίοδο της οικονομικής κρίσης. Ο συνολικός αριθμός τους κυμαίνεται γύρω στο 1,5 εκατομμύριο, με τον μικρότερο αριθμό να έχει καταγραφεί το 2004 (1,4 εκ.) και τον μεγαλύτερο το 2009 (1,9 εκ.) ([εικόνα 3.13](#)).

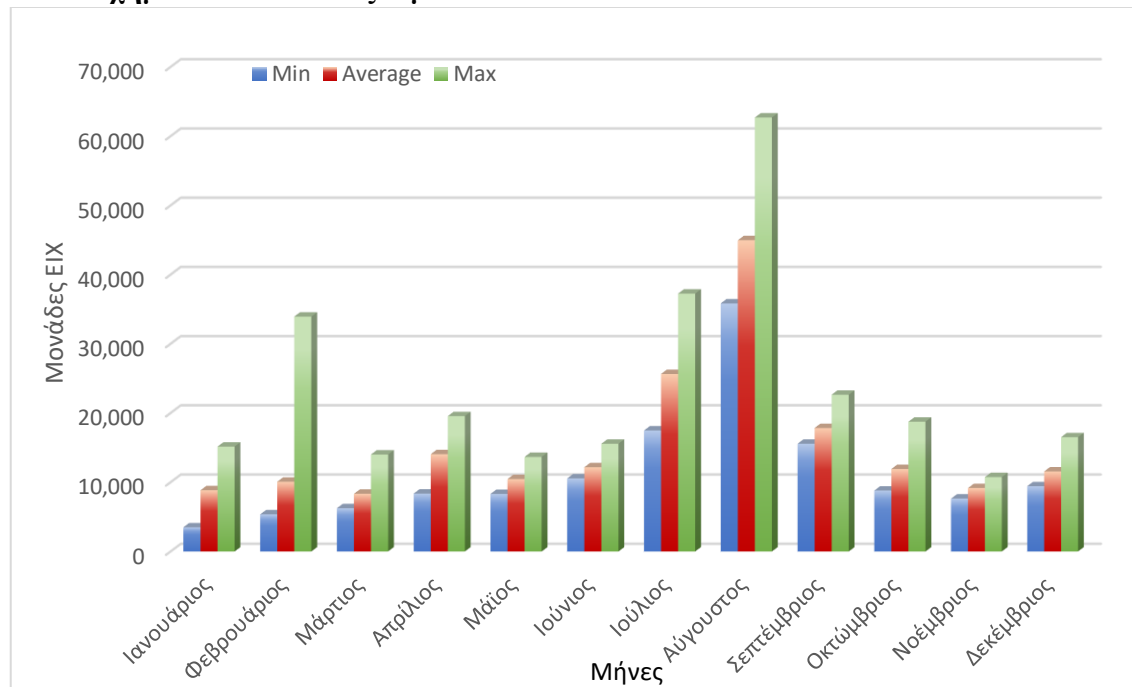
Πίνακας 7. Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή επιβατών

Έτος	Επιβασθέντες+ Αποβασθέντες	Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή	Κατάπλοι+ Απόπλοι	Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή
2002	1.555.740	-	2.057	-
2003	1.444.826	-7,13%	1.887	-8,26%
2004	1.391.820	-3,67%	2.065	9,43%
2005	1.582.315	13,69%	2.445	18,40%
2006	1.492.102	-5,70%	1.993	-18,49%
2007	1.575.896	5,62%	2.330	16,91%
2008	1.677.821	6,47%	2.492	6,95%
2009	1.939.460	15,59%	2.974	19,34%
2010	1.865.317	-3,82%	2.725	-8,37%
2011	1.744.587	-6,47%	2.674	-1,87%
2012	1.470.839	-15,69%	2.241	-16,19%
2013	1.454.645	-1,10%	2.230	-0,49%
2014	1.627.538	11,89%	2.344	5,11%
2015	1.455.605	-10,56%	2.214	-5,55%
2016	1.398.077	-3,95%	2.372	7,14%

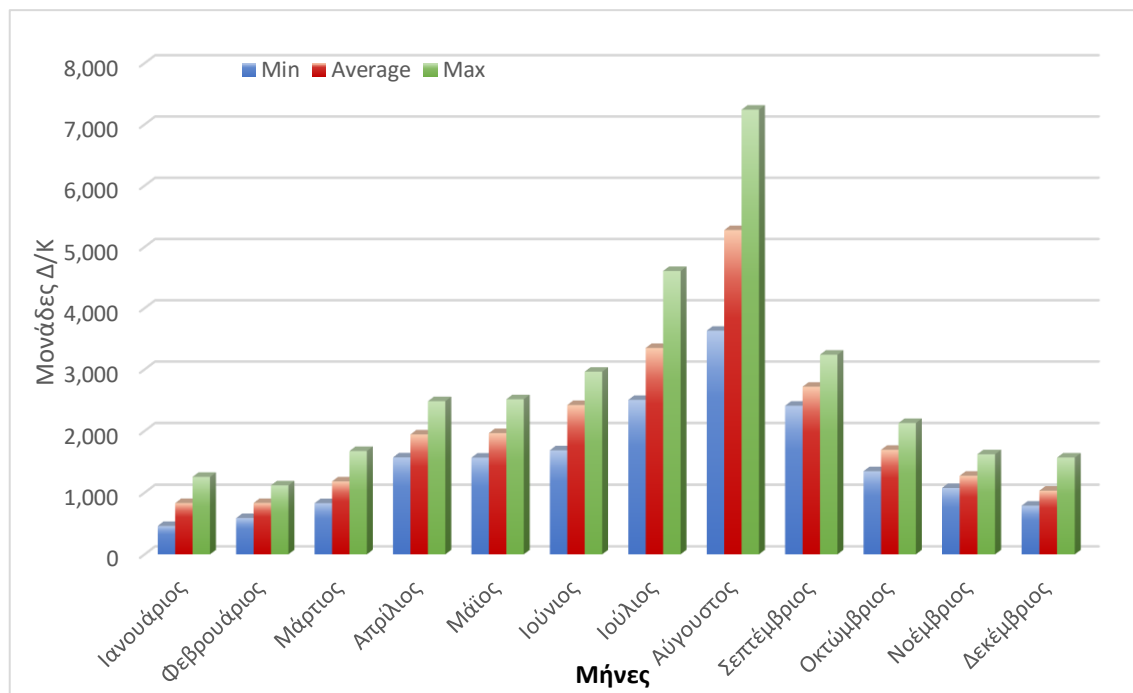
2017	1.542.244	10,31%	2.260	-4,72%
2018	1.582.484	2,61%	2.806	24,16%

Τα παραπάνω ποσοστά επιβεβαιώνουν με ακρίβεια το παραπάνω διάγραμμα για την ετήσια αυξομείωση της κίνησης των επιβατών στον λιμένα του Ηρακλείου. Εκτός από την επιβατική κίνηση, αναλύεται και η διακύμανση της κίνησης των επιβατικών πλοίων στον χώρο του λιμένα ([πίνακας 3.12](#)).

3.3.2 : Οχήματα ακτοπλοϊας λιμένα

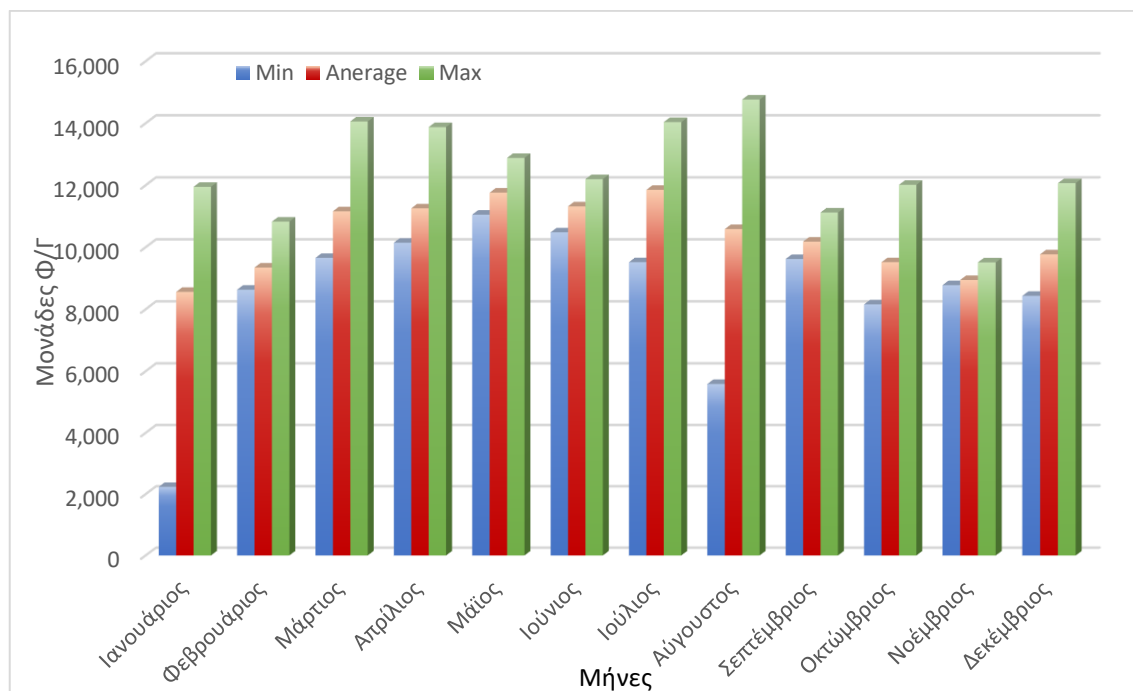


Εικόνα 25. Μηνιαία διακύμανση οχημάτων ΕΙΧ (2010-2015,2017-2018)

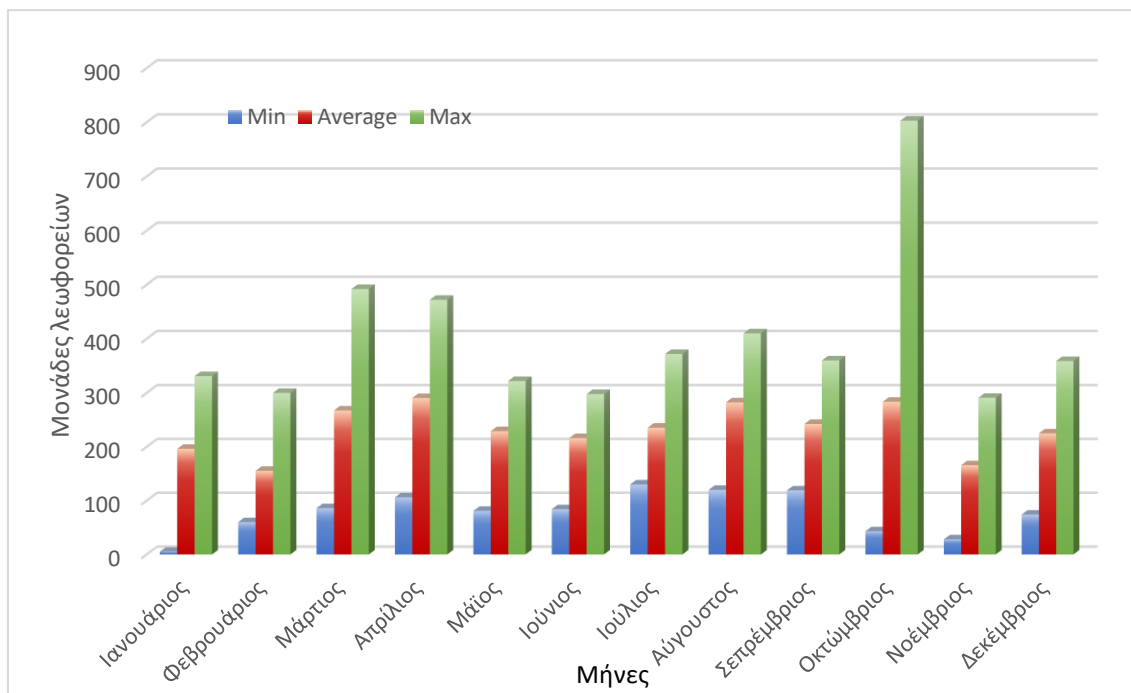


Εικόνα 265. Μηνιαία διακύμανση δίκυκλων (Δ/Κ) (2010-2015, 2017-2018)

Οι μονάδες ΕΙΧ και Δ/Κ ακολουθούν την ίδια πορεία με αυτή των επιβατών όσο αφορά την διακύμανσή τους μέσα στους μήνες του έτους. Την χειμερινή περίοδο, η διακύμανσή τους παραμένει σχεδόν σταθερή ενώ αντίθετα τους θερινούς μήνες η προσέλευση των τουριστών αυξάνει και την κινητικότητα των οχημάτων. Πιο αναλυτικά, η μηνιαία μέση τιμή των ΕΙΧ κυμαίνεται από 8.300 έως 45.000 οχήματα, ενώ των Δ/Κ από 800 έως 5.200 μονάδες ανάλογα με τον μήνα που αναφέρεται [\(εικόνα 3.14\)](#) [\(εικόνα 3.15\)](#).



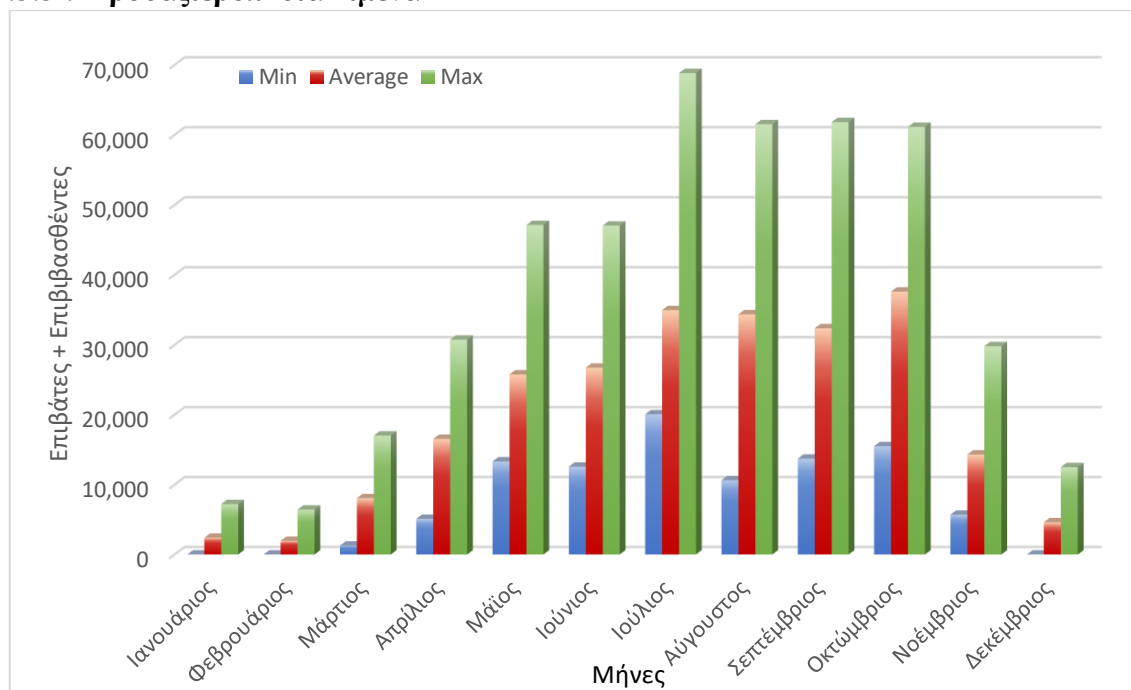
Εικόνα 276. Μηνιαία διακύμανση φορτηγών (2010-2015, 2017-2018)



Εικόνα 287. Μηνιαία διακύμανση λεωφορείων (2010-2015, 2017-2018)

Σε αντίθεση με τα ΕΙΧ και τα Δ/Κ, τα φορτηγά και τα λεωφορεία παρουσιάζουν μία σταθερή μέση διακύμανση μέσα στους μήνες του έτους ακόμα και στην τουριστική περίοδο όπου ο πληθυσμός του νησιού είναι ιδιαίτερα αυξημένος. Πιο συγκεκριμένα, η κίνηση των φορτηγών κυμαίνεται γύρω στις 10.000 μονάδες τον μήνα, ενώ των λεωφορείων στις 230 [\(εικόνα 3.16\)](#) [\(εικόνα 3.17\)](#).

3.3.3 : Κρουαζιερόπλοια λιμένα



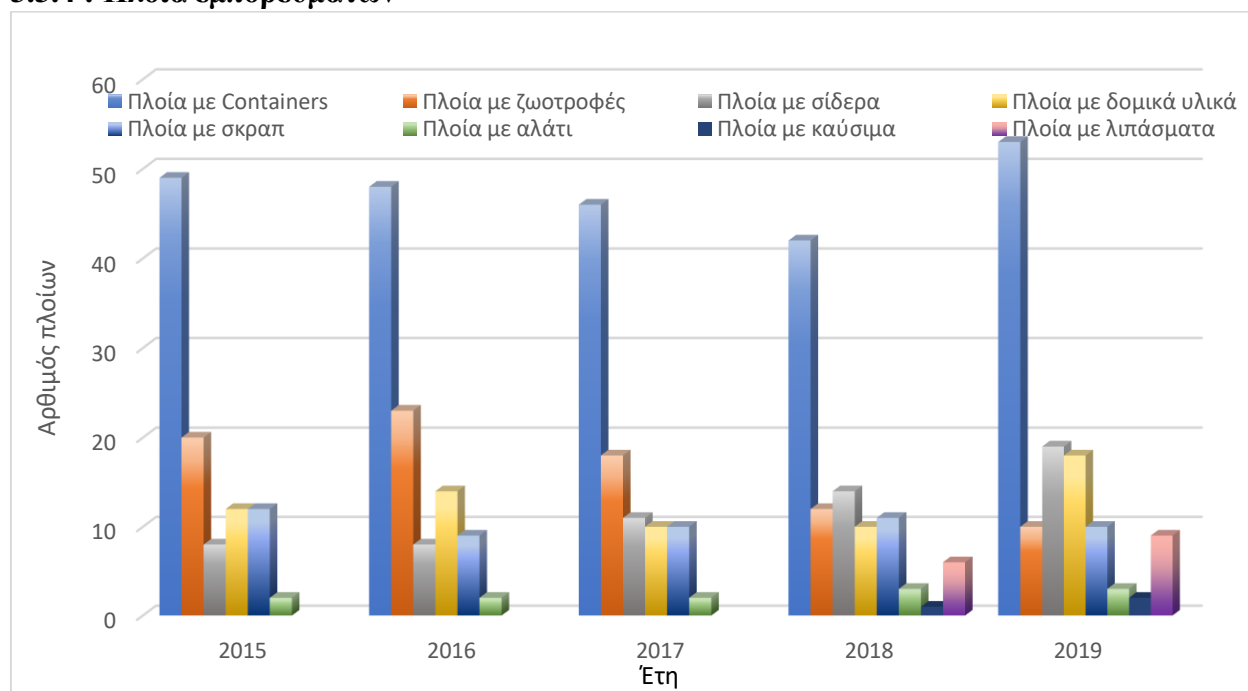
Εικόνα 298. Μηνιαία διακύμανση επιβατών από κρουαζιερόπλοια (2002-2018)

Πίνακας 8. Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή επιβατών στα κρουαζιερόπλοια

Έτος	Επιβάτες	Ετήσια διακύμανση	Έτος	Επιβάτες	Ετήσια διακύμανση
2002	140.734	-	2011	226.927	-25,76%
2003	134.922	-4,13%	2012	215.700	-4,95%
2004	150.139	11,28%	2013	270.020	25,18%
2005	217.582	44,92%	2014	242.951	-10,02%
2006	206.186	-5,24%	2015	219.805	-9,53%
2007	294.063	42,62%	2016	238.780	8,63%
2008	359.565	22,27%	2017	181.693	-23,91%
2009	401.292	11,60%	2018	297.929	63,97%
2010	305.675	-23,83%			

Οι επιβάτες που καταφθάνουν στον λιμένα του Ηρακλείου μέσω κρουαζιερόπλοιων κυμαίνονται όπως ήταν αναμενόμενο, με την πλειοψηφία των επιβατών να καταφτάνει από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι η μεγαλύτερη μέση τιμή παρουσιάζεται τον Οκτώβριο με πάνω από 40.000 επιβάτες και όχι σε καλοκαιρινούς μήνες (εικόνα 3.18).

3.3.4 : Πλοία εμπορευμάτων



Εικόνα 309. Ετήσια διακύμανση πλοίων που μεταφέρουν αγαθά (2015-2019)

Εκτός από τη μεταφορά επιβατών, το λιμάνι του Ηρακλείου αναλαμβάνει και τον κύριο όγκο μεταφοράς αγαθών από και προς το νησί. Τα κυρίαρχα αγαθά είναι εκείνα που μεταφέρονται με εμπορευματοκιβώτια (Containers), ενώ δεύτερα έρχονται τα πλοία που

μεταφέρουν ζωοτροφές. Στο ίδιο χρονικό διάστημα 2015-2019, τη δεύτερη θέση έχουν διεκδικήσει τα πλοία που μεταφέρουν σίδηρο, ενώ η μεταφορά δομικών υλικών και λιπασμάτων έχει αυξηθεί σημαντικά το τελευταίο έτος (εικόνα 3.19).

3.4 : Μηχανολογικός εξοπλισμός λιμένα

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιεί ο λιμένας ποικίλει ανάλογα με την εργασία που απαιτείται. Χωρίζεται σε ελαφρύ εξοπλισμό δηλαδή για τη μετακίνηση μικρών φορτίων και ανθρωπίνου δυναμικού στον χώρο του λιμένα και σε βαρύ, για τη φορτοεκφόρτωση και μεταφορά των βαρέων φορτίων. Πιο αναλυτικά περιλαμβάνει :

3.4.1 : Ελαφρύς μηχανολογικός εξοπλισμός

Πίνακας 9. Ελαφρύς μηχανολογικός εξοπλισμός

Ελαφρύς εξοπλισμός					
a/a	Οχήματα	Εργοστάσιο κατασκευής – Τύπος	Αριθμός κυκλοφορίας	Έτος αγοράς	Ίπποι
1	Επιβατικό	SAAB 93	HKN 9846	2007	
2	Φορτηγό ανοικτό με ανατροπή	FIAT DUCATO	HKM 3319	2006	16
3	Επιβατικό	OPEL ASTRA	HMM8507	2002	-
4	Κλειστό φορτηγό	FORD TRANSIT	IOM2144		-
5	Κλειστό φορτηγό	SEAT INCA	YXO8860	21/10/1996	-
6	Μοτοποδήλατο	KYMKO-KWANG YANG	KTT 0850	1998	97
7	4 X Μοτοποδήλατο	KYMCO	HZX 802	2008	124

3.4.2 : Βαρύς μηχανολογικός εξοπλισμός

Πίνακας 10. Βαρύς μηχανολογικός εξοπλισμός

a/a	Είδος Μηχ/τος	Εργοστάσιο κατασκευής -τύπος	Τεμ	Ανυψωτική ικανότητα
1	Αυτοκ /κος γερανός λιμένος εκφόρτωσης Containers	GOTTWALD HMK-280E	1	Standard (66% of TL): 63 tn/28 m Heavy Lift(77% of TL): 100 tn/22 m

2	Αυτοκ/κος γερανός λιμένος εκφόρτωσης Containers	GOTTWALD HMK-260E (360 tn)	1	Standard (66% of T.L.): 40 tn /30 m Heavy Lift(77% of TL): 80 tn/18 m
3	Ηλεκτροκίνητος γερανός επί σιδηροτροχιών εκφόρτωσης Containers	TAKRAF CONDOR DWK-TYPE	1	16/32/40/45tn X 32/32/25/14.3-8 m
4	Ηλεκτροκίνητος γερανός επί σιδηροτροχιών εκφόρτωσης Χύδην- Γενικού φορτίου	TAKRAF ALBATROS DWK-TYPE	2	10/12.5/20tn 32/32/16-8 m
5	Ηλεκτροκίνητος γερανός επί σιδηροτροχιών εκφόρτωσης γενικού φορτίου	TAKRAF LACHS EWK-TYPE	4	6,3 TNX 25-7 m
6	Όχημα μεταφοράς στοίβασης Containers 20' – 40'	KALMAR DRS 4531-S5 1:45575 2:45576 KONECRANES SMV 4535 TC5	3	1 ^η σειρά Containers 4ο ύψος:45 tn 50 ύψος:35 tn 2 ^η σειρά Containers 4ο ύψος:31 tn (κάτω από το spreader) 5ο ύψος:45 tn
7	Ελκυστήρας RO-RO	KALMAR-SISSU TR- 182/A4L2C18 ΕΛΞΗ: 32 tn	2	Containers 2 X20 ή 1X40'
8	Περιοφορ στοίβασης Containers 20'	FANTUZZI FDC 320	1	32 tn
9	Όχημα μεταφοράς- στοίβασης Containers 40'	BELOTTI B 91 BAPOΣ: 77.800 kg	1	1 ^η σειρά Containers 4ο ύψος:40 tn 2 ^η σειρά Containers 3ο ύψος:24 tn
10	Περιοφορ	YALE AEΠ 30TF	1	3 tn
11	Περιοφορ	MITSUBISHI FD50	2	5tn
12	Περιοφορ	CLARK C500Y-110D MODEL: D500 Y 110D	2	5 tn 3tn
13	Περιοφορ	LINDE 1: H35D 2: H50D 3: H50D 4:H50D-02/600H50D-02	3	3,5tn 5tn 5tn Διπλή πιρούνια 5tn 5tn
14	Αναρρόφηση χύδην φορτίων	VIGAN ENGINEERING SA	2	220 tn/H
15	Αυτοκινούμενο σάρωθρο (ΣΚΟΥΠΙΑ)	UCM UNIECO	1	
α/α	Αριθμός κυκλοφορίας	Αριθμός πλαισίου	Κινητήρας- serial number	Έτος

1	H 17299 ME117639	82853600	CUMMINS QST30 G1 NR1 (37201090) 940 HP (701 KW)	2002
2	ME 43900 (Τέλη: 1.125, €)	12822400	DETROIT 12V-12015	1997
3		H/T4:0645	631HP	1980
4		H/T3: 0895 H/T5: 0896	349HP	1980
5		H/T1: 0897 H/T2: 0898 H/T6: 0899 H/T7: 0900	208HP	1980
6	ME:113123 1:H49679 2:H49680 ME:113120	1) 45575 K.5680393KS04 2) 45576 K.5680393 KS11 M11910	CUMMINS MTA 11C 336 PS (246 KW) 1)35049038 2)35050623 VOLVO PENTA TAD1171VE 265KW 2100RPM	2002 2018
7	ME:115252 1) H-50585 2) H-50587 ME:115253	YK2CDBCABY S: 1) 047506 2) 047507	VOLVO TWD 731 VE 238 PS/175 KW 1) 2071139677 2) 2071139678	2000
8	ME-43903	100102	DIESEL FIAT 821 I 138562 (175 HP)	1981
9	H-50586 ME:113121	S.N.4793 3407068	CUMMINS 6 CTA 8.3, 253 PS/186 KW /2500 RPM (21141314)	1993
10	ME 43953	EF 177B07242	MAZDA HA 57HP/ SN:H117625	1995
11	1)ME43895 2)ME43894	EF28A50021 EF28A50022	MITSUBISHI S65/ 81HP SN1:00473 SN2:004942	1996 1996
12	ME 43905 ME 43904	Y10150860 BRF 5086 Y10150859 BRF 5085	PERKINS4.236 SN1:LD 866 B-342 508T SN2:LD 8666B-345457T	1989 1989
13	1.ME109832 2.ME109833 3.ME109834 4.ME137293 5ME137292	HZX393W05804 HZX394W03515 HZX394W03566 H2X394J02617 H2X394J02711	VOLKSWAGEN CBHA-004586 (60PS) CBIB-003179 (75PS) CBJB-003602 (75PS) CPY519489 CPY520059	2008
14		1049 1050		2004

15	ME 96530 (Τέλη:155,40 €)	UCM 204S026	DEUTZ F4L2011 60 HP DIESEL (10274988)	2007
-----------	-----------------------------	-------------	---	------

Όπως παρατηρείται το μεγαλύτερο μέρος του ελαφρύ εξοπλισμού είναι σχετικά καινούριο σε αντίθεση με αυτό του βαρύ. Η πλειοψηφία των γερανών είχαν προμηθευτεί πριν το 2000 δικαιολογώντας έτσι τις υψηλές καταναλώσεις στο αντίστοιχο κομμάτι του λιμένα [\(πίνακας 3.5\) \(πίνακας 3.6\)](#).

Κεφάλαιο 4^ο: Μεθοδολογία

4.1 : Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ενεργειακή αναβάθμιση του λιμένα, πρέπει να χρησιμοποιηθούν ορισμένα λογισμικά. Το καθένα από αυτά ειδικεύεται σε διαφορετικό τομέα και είναι απαραίτητο, για να επιτευχθούν οι επιμέρους στόχοι. Τα προγράμματα αυτά εξειδικεύονται σε ενεργειακές αξιολογήσεις, φωτοτεχνικές μελέτες, καθώς και στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και είναι ικανά να προσφέρουν ένα αξιόπιστο και ακριβές αποτέλεσμα. Η χρήση τους έγινε αρχικά για την αποτύπωση της τρέχουσας κατάστασης του λιμένα και έπειτα για την αναβάθμιση του εξωτερικού του φωτισμού.

(i) AutoCAD:

Το AutoCAD είναι ένα σχεδιαστικό επαγγελματικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται από μηχανικούς για τον σχεδιασμό κατόψεων και τρισδιάστατων μοντέλων με εξαιρετική ακρίβεια. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό της κάτοψης του λιμένα από μια δορυφορική φωτογραφία του Google Earth.

(ii) Revit:

Το Revit είναι ένα επαγγελματικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται κατά κόρον για τη δημιουργία Μηχανολογικών, Στατικών και Αρχιτεκτονικών μοντέλων. Η ακρίβεια που προσφέρει είναι ικανή να δώσει ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα που να αποτυπώνει την πραγματικότητα όπως την ζητάει ο χρήστης. Σε αυτή την περίπτωση επιλέχθηκε για τη τρισδιάστατη σχεδίαση του αρχιτεκτονικού μοντέλου του λιμένα.

Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκε μία απεικόνιση του λιμένα με αρχικό σκοπό την καλύτερη αντίληψη της κλίμακας και των διαστάσεων του. Αρχικά, χρησιμοποιώντας την κάτοψη από το AutoCAD σχεδιάστηκαν όλα τα κτήρια με την υπόθεση των τριών μέτρων ανά όροφο, μιας και δεν υπήρχαν πιο ακριβή δεδομένα. Έπειτα με τη βοήθεια του Google Earth και του Google Maps αποτυπώθηκαν με μεγάλη πιστότητα τα χαρακτηριστικά του, όπως δρόμοι, προβλήτες και διάφορες διαγραμμίσεις των δρόμων.

(iii) DIALux:

Το DIALux είναι ένα πρόγραμμα εκπόνησης φωτοτεχνικών μελετών. Προσφέρει πολλές επιλογές στον σχεδιασμό του χώρου όπου θα γίνει η μελέτη, μιας και η πιστότητα των διαστάσεων είναι ο βασικότερος παράγοντας που επηρεάζει τα αποτελέσματα. Επίσης, η πληθώρα επιλογών, η ευκολία στον χειρισμό και η συμβατότητα του με ποικίλες εταιρίες που παρέχουν φωτιστικά (SITECO) καθιστά το πρόγραμμα αυτό μία πολύ αξιόπιστη επιλογή.

- **Αποτύπωση τρέχουσας κατάστασης εξωτερικού φωτισμού**

Αρχικά, σχεδιάστηκαν τα κτήρια πάλι με την υπόθεση των τριών μέτρων ανά όροφο και χωρίστηκε η κάτοψη του λιμένα σε 45 επιμέρους χωρία, ανάλογα με την εκάστοτε χρήση τους, όπως ο χώρος στάθμευσης και οι προβλήτες. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε, διότι κάθε ένα από αυτά τα χωρία έχει και διαφορετικές απαιτήσεις στα χαρακτηριστικά του φωτισμού του (Lux, ομοιομορφία). Τα χαρακτηριστικά αυτά ορίζονται από την αντίστοιχη Ευρωπαϊκή νομοθεσία ανάλογα με τις εργασίες που λαμβάνουν χώρα εκεί. Τέλος, τοποθετήθηκαν τα φωτιστικά με τα χαρακτηριστικά τους όπως είναι στην τρέχουσα κατάσταση.

- **Αποτύπωση αναβαθμισμένης κατάστασης εξωτερικού φωτισμού**

Έπειτα βασιζόμενοι στην παρούσα κατάσταση, επιλέχτηκαν τέσσερα καινοτόμα φωτιστικά καλύτερης απόδοσης, για να καλυφθούν οι απαιτήσεις του λιμένα σύμφωνα με την παραπάνω νομοθεσία. Τα φωτιστικά αυτά με τον σωστό συνδυασμό είναι ικανά να καλύψουν τις νομοθετικές απαιτήσεις των χαρακτηριστικών του φωτισμού (Lux, ομοιομορφία) μειώνοντας ταυτόχρονα και την ηλεκτρική τους κατανάλωση και κατ' επέκταση το οικολογικό αποτύπωμα του λιμένα που είναι και ο απώτερος στόχος.

(iv) RELux:

Το RELux είναι ακόμα ένα πρόγραμμα για φωτοτεχνικές μελέτες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση του φωτισμού στο μοντέλο του Revit με τα αποτελέσματα του DIALux, με στόχο την τρισδιάστατη αναπαράσταση του λιμένα μαζί με τον φωτισμό του τόσο στην παρούσα όσο και στην αναβαθμισμένη κατάσταση.

(v) HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables):

Το HOMER είναι ένα επαγγελματικό πρόγραμμα εκπόνησης ενεργειακών μελετών. Προσφέρει πολλές επιλογές τόσο στα συστήματα παραγωγής ενέργειας που είναι διαθέσιμα από τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής έως τις πιο διαδεδομένες μορφές ΑΠΕ ακόμα και στα συστήματα αποθήκευσής της. Επιπλέον, ο τρόπος με τον οποίο θα συνδυαστούν τα παραπάνω συστήματα εξαρτάται εξολοκλήρου από τον χρήστη, μιας και η εμβάθυνση που διαθέτει το πρόγραμμα, τόσο στην επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων όσο και στα αποτελέσματα που προσφέρει, δεν αφήνουν κάποια αμφιβολία για την ακρίβεια τους. Ο γνώμονας με τον οποίο συνδυάζονται τα επιλεγμένα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας για την παραγωγή των παραπάνω σεναρίων είναι με βάση το μικρότερο δυνατό κόστος του έργου.

Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα ενεργειακά δεδομένα που παραχωρήθηκαν από τον ΟΛΗ για την απεικόνιση του ετήσιου προφίλ της κατανάλωσης του λιμένα. Αυτά τα δεδομένα αποτέλεσαν τη βάση για τη διαστασιολόγηση καταλλήλων συστημάτων ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του λιμένα στην τρέχουσα κατάστασή του. Έπειτα για την αναβάθμιση εξωτερικού του λιμένα πραγματοποιήθηκε εκ

νέου η διαστασιολόγηση των συστημάτων αυτών. Και στις δύο περιπτώσεις για τα συστήματα ΑΠΕ χρησιμοποιήθηκαν ένα φωτοβολταϊκό πάνελ και μια ανεμογεννήτρια, ενώ για το σύστημα αποθήκευσης, έξι διαφορετικά είδη μπαταριών. Ο συνδυασμός των παραπάνω συστημάτων έγινε προκειμένου να βρεθεί μία πληθώρα βιώσιμων σεναρίων που να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα επιλογών με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του λιμένα.

(vi) Minitab:

Το Minitab είναι ένα πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δεδομένων. Χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση δημογραφικών δεδομένων που αφορούν την επιβατική δραστηριότητα και την κίνηση των πλοίων με την ηλεκτρική κατανάλωση του λιμένα, προκειμένου να βρεθεί η συσχέτιση των παραμέτρων αυτών.

(vii) Συνδυασμός Προγραμμάτων:

Καθένα από τα παραπάνω προγράμματα μπορεί να εκτελεστεί αυτόνομα και να παράξει ένα αποτέλεσμα που να επωφελήσει την ενεργειακή αξιολόγηση και αναβάθμιση του λιμένα. Παρόλα αυτά, ο συνδυασμός τους είναι αυτός που αποτυπώνει σφαιρικά και σε βάθος την τρέχουσα κατάσταση του και το πως μπορεί να βελτιωθεί σαν σύνολο.

Πιο συγκεκριμένα, η κάτοψη του AutoCAD χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την τρισδιάστατη αποτύπωση του λιμένα στο Revit αλλά και για την αποτύπωση του φωτισμού του στο DIALux τόσο για την τρέχουσα όσο και για αναβαθμισμένη του κατάσταση. Ο σκοπός του τρισδιάστατου μοντέλου ήταν η καλύτερη αντίληψη της κλίμακας και των διαστάσεων του λιμένα, ενώ αντίστοιχα ο στόχος του φωτοτεχνικού μοντέλου ήταν η απεικόνιση του φωτισμού του με αριθμούς σε διαγράμματα ώστε να γίνει καλύτερη η ανάλυση και η επεξεργασία του. Σε αυτά τα προγράμματα έρχεται να προστεθεί το RELux που σκοπό έχει να συνδυάσει τη φωτοτεχνική μελέτη του DIALux με το μοντέλο του Revit ώστε να γίνει η τρισδιάστατη αναπαράσταση του φωτισμού.

Έπειτα χρησιμοποιώντας το Minitab έγινε σύγκριση των διαθέσιμων ενεργειακών με των δημογραφικών δεδομένων του λιμένα, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν και σε ποιο βαθμό η κίνηση των επιβατών και των πλοίων επηρεάζουν την ηλεκτρική κατανάλωση του. Αυτά τα αποτελέσματα έδωσαν σαφέστερη εικόνα για τις ενεργειακές απαιτήσεις του.

Τέλος, με την χρήση του Homer εξήχθησαν μια πληθώρα σεναρίων με σκοπό να καλύψουν τις ενεργειακές απαιτήσεις του λιμένα με ένα συνδυασμό φωτοβολταϊκών, ανεμογεννητριών και συστημάτων αποθήκευσης με μπαταρίες για την αυτονομία του. Από αυτά επιλέχθηκαν αυτά που είναι ικανά να δώσουν ένα ευρύ φάσμα λύσεων για την κάλυψη των αναγκών του τόσο στην τωρινή όσο και στην αναβαθμισμένη κατάσταση του.

4.2 : Φωτοτεχνική μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης λιμένα

Προκειμένου να γίνει καλύτερη η κατανόηση της συνολικής κατάστασης του λιμανιού μαζί με την ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων, πρέπει να αποτυπωθεί και η κατάσταση του τρέχοντος φωτισμού αφού αποτελεί μια από τις κύριες πηγές ηλεκτρικής κατανάλωσης στον χώρο του λιμένα. Σκοπός είναι να πραγματοποιηθεί μια φωτοτεχνική μελέτη που να αποτυπώνει την τωρινή κατάσταση του εξωτερικού φωτισμού και της ενεργειακής κατανάλωσης του με μεγάλη ακρίβεια ώστε να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα προκειμένου να γίνει μια πρόταση για την βελτίωση των συνθηκών φωτισμού, καθώς και να μειωθεί το ενεργειακό αποτύπωμα του λιμένα ακολουθώντας την Ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Η πρώτη φάση της μελέτης αυτής είναι η συλλογή δεδομένων από την αρμόδια αρχή (ΟΛΗ). Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν τις παροχές με τις αντίστοιχες καταναλώσεις και το τμήμα του λιμένα που ηλεκτροδοτούν. Επίσης, περιλαμβάνουν το πλήθος των στύλων, την θέση τους στον χώρο, το ύψος τους και τέλος τον αριθμό και τα χαρακτηριστικά των εκάστοτε φωτιστικών που είναι τοποθετημένα σε κάθε πυλώνα. Με τη χρήση των δεδομένων αυτών και με την κατάλληλη επεξεργασία τους είναι εφικτή μια ακριβής αναπαράσταση της φωτοενεργειακής κατάστασης του λιμένα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για οποιαδήποτε μελλοντική μελέτη ή αναβάθμιση. Σκοπός είναι να εντοπισθεί εάν και σε ποια σημεία υπάρχει έλλειψη ή ανομοιομορφία στα χαρακτηριστικά του φωτισμού, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η ασφαλής διέλευση πεζών, επιβατικών και μη οχημάτων στον χώρο του. Επιπλέον, επηρεάζεται η εκπόνηση των καθημερινών δραστηριοτήτων που απαιτούνται για τη λειτουργία και συντήρησή του από το προσωπικό της εγκατάστασης με ασφάλεια και χωρίς να δημιουργείται οπτική όχληση, ακολουθώντας πάντα τα νομοθετικά όρια. Παράλληλα, θα πραγματοποιηθεί η μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος του φωτισμού με την αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών με νέα τεχνολογικά προηγμένα που αποδίδουν καλύτερα. Αυτή η αλλαγή είναι υψίστης σημασίας, αφού ο φωτισμός είναι υπεύθυνος για μεγάλο ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης του λιμένα όπως θα φανεί και παρακάτω.

4.2.1 : Τρέχουσα κατάσταση εξωτερικού φωτισμού λιμένα

Ο φωτισμός του λιμένα είναι εκτενής, ποικίλει ανάλογα με τις απαιτήσεις των εργασιών που εκτελούνται σε κάθε τμήμα του και χωρίζεται σε πέντε επιμέρους χωρία που είναι καταχωρημένα στον ΟΛΗ.

- Ο φωτισμός της προβλήτας του Μικρού Κούλε που περιλαμβάνει 11 ιστούς με λαμπτήρες LED των 35W και τρεις ιστούς με τριπλό φανάρι των 400W SON.
- Ο φωτισμός του νέου επιβατικού σταθμού που περιλαμβάνει στον εξωτερικό φωτισμό του 46 χαμηλούς ιστούς με σφαιρικό φωτιστικό με λαμπτήρα PLC 23W.

- Ο φωτισμός των Νεωρίων που περιλαμβάνει 50 δαπέδια φωτιστικά HQI των 35W.
- Το τμήμα από το καρνάγιο ως το Ψυγείο φωτίζεται από 27 πυλώνες με κινητή κεφαλή ύψους 30m με 6 προβολείς NaYΠ των 1000W έκαστος και 16 πυλώνες ύψους 35m με 8 προβολείς NaYΠ των 1000W ο καθένας.
- Ο φωτισμός του παραλιακού δρόμου χωρίζεται με τη σειρά του σε επιμέρους τμήματα λόγω της ποικιλίας των φωτιστικών του. Πιο αναλυτικά, περιλαμβάνει:
 - Ένα τμήμα που φωτίζεται με ιστούς των 10m και 12m με 47 με διπλά φωτιστικά και λαμπτήρες NaYΠ των 400W.
 - Το τμήμα που φωτίζεται με παραδοσιακούς 35 ιστούς με διπλά φωτιστικά, με φανάρι ύψους 6.5m και λαμπτήρες NaYΠ 150W-23W PLC.
 - Το τμήμα που φωτίζεται με 61 αρχιτεκτονικά φωτιστικά ASTRA 520S 4,5m, με λαμπτήρα Νατρίου των 150W έκαστος.
 - Το τμήμα που φωτίζεται με 3 πυλώνες 4 προβολέων 4x400W ύψους 14,5m με λαμπτήρα EKO SON των 400W.

➤ Φωτισμός μόλου

Ο φωτισμός του μόλου εκτείνεται από την αρχή της ιχθυόσκαλας έως τον φάρο και περιλαμβάνει 130 περίπου φωτιστικά NaYΠ 70 W και δυο προβολείς 400W SON με μια λάμπα 24V για τον πράσινο φάρο. Παρόλο που ο μόλος είναι κεντρικό και αναπόσπαστο κομμάτι του λιμένα, η παροχή τροφοδοσίας του είναι καταχωρημένη στο Δήμο Ηρακλείου σε αντίθεση, με τα παραπάνω που είναι στον ΟΛΗ και γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται στους παρακάτω υπολογισμούς.

Ηλεκτρική κατανάλωση εξωτερικού φωτισμού

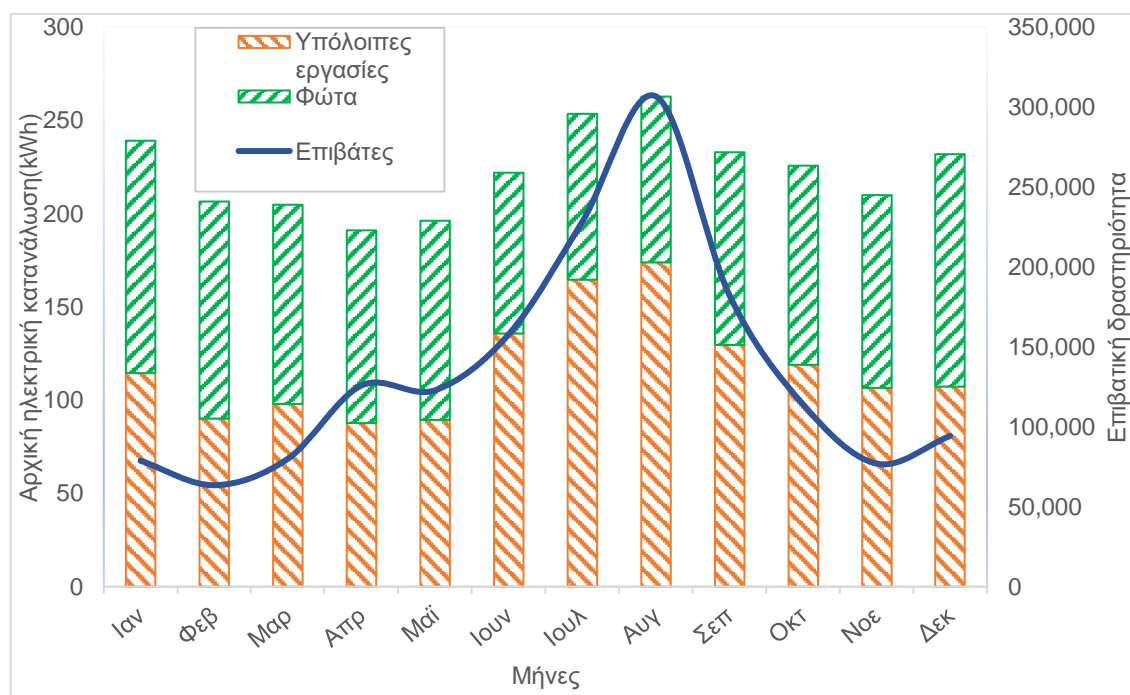
Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης έγινε η υπόθεση της εποχικής λειτουργίας των φωτιστικών. Πιο αναλυτικά, για το καλοκαίρι έγινε η υπόθεση των 10 ωρών (20:00μ.μ-06:00π.μ), για την άνοιξη και το φθινόπωρο για 12 ώρες (19:00μ.μ-07:00)π.μ. και για τον χειμώνα για 14 ώρες λειτουργίας (18:00μ.μ-08:00π.μ) μέσα στην ημέρα.

Πίνακας 11. Ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού υπάρχουσας κατάστασης

Είδος Φωτιστικών	Τεμάχια	Συνολική ισχύς (W)	Εποχική διακύμανση(kWh)				Τελική ετήσια κατανάλωση (kWh)
			Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	
SON 400W	21	8.400	10.584,0	9.273,6	7.728,0	9.172,8	36.758,4
LED των 35W	11	385	485,1	425,0	354,2	420,4	1.684,8
PLC 23W	47	1.081	1.362,1	1.193,4	994,5	1.180,5	4.730,5

HQI 35W	50	1.750	2.205,0	1.932,0	1.610,0	1.911,0	7.658,0
NAYΠ 1000W	290	290.000	365.400,0	320.160,0	266.800,0	316.680,0	1.269.040,0
ΝαΥΠ 400W	94	37.600	47.376,0	41.510,4	34.592,0	41.059,2	164.537,6
ΝαΥΠ 150W	70	10.500	13.230,0	11.592,0	9.660,0	11.466,0	45.948,0
ASTRA 520S	61	9.150	11.529,0	10.101,6	8.418,0	9.991,8	40.040,4
Νατρίου 150W							
Σύνολο	643	358,866	452.171,2	396.188,1	330.156,7	391.881,7	1.570.397,6

Η ετήσια κατανάλωση του φωτισμού είναι 1.570.397,6 kWh για 100% λειτουργία αλλά επειδή αυτό δεν είναι εφικτό λόγω διακοπών ρεύματος, αστοχιών του συστήματος και μη χρήσης φωτισμού σε συγκεκριμένα τμήματα του λιμένα για ορισμένες ώρες της ημέρας, υπολογίστηκε η πραγματική κατανάλωση ως ένα ποσοστό 80% του αρχικού. Άρα η τελική ετήσια κατανάλωση ανέρχεται στις 1.256.318,1kWh Ή 1,26GWh (εικόνα 4.1).



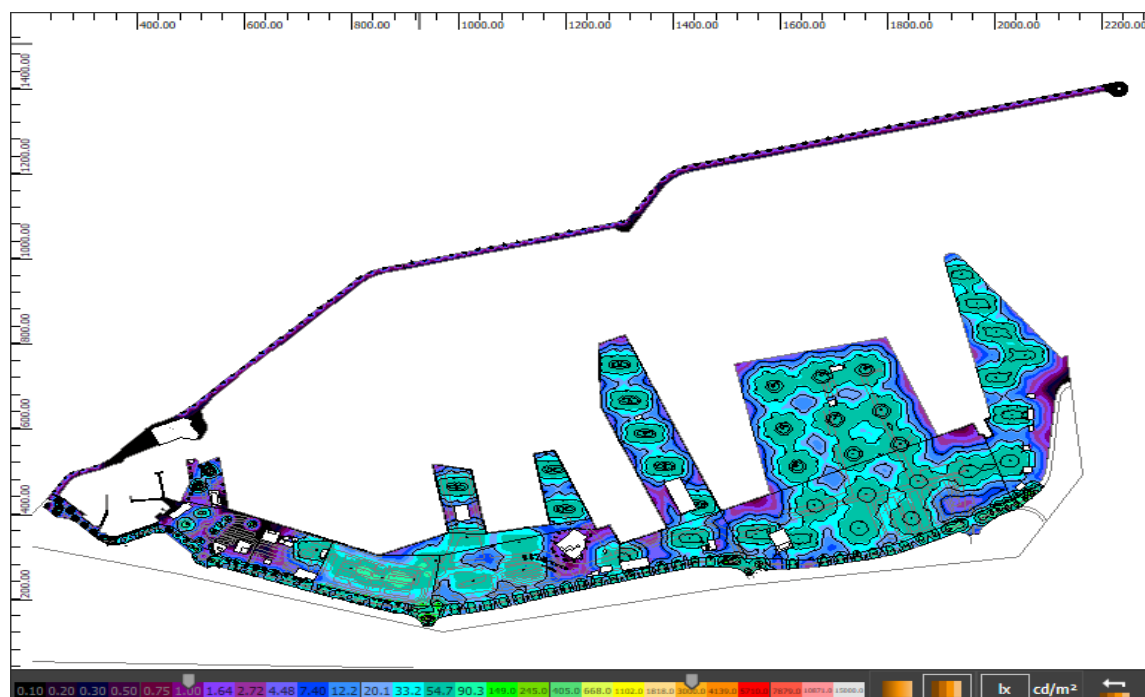
Εικόνα 31. Μηνιαία διακύμανση επιβατών προς ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού και άλλων διεργασιών τρέχουσας κατάστασης

Πίνακας 12. Ποσοστιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος τρέχουσας κατάστασης

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ποσοστό χρήσης φωτισμού (%)	52%	56%	52%	54%	54%	39%	35%	34%	44%	47%	49%	54%
Ποσοστό χρήσης υπολοίπων εργασιών (%)	48%	44%	48%	46%	46%	61%	65%	66%	56%	53%	51%	46%

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα τους περισσότερους μήνες του έτους η κατανάλωση των φωτιστικών είναι σχεδόν ίση με αυτήν για τις υπόλοιπες ηλεκτρικές λειτουργίες του λιμένα, αποδεικνύοντας έτσι ότι η αναβάθμιση του φωτισμού είναι ύψιστης σημασίας προκειμένου να μειωθεί η συνολική κατανάλωση του λιμένα ([εικόνα 4.1](#)).

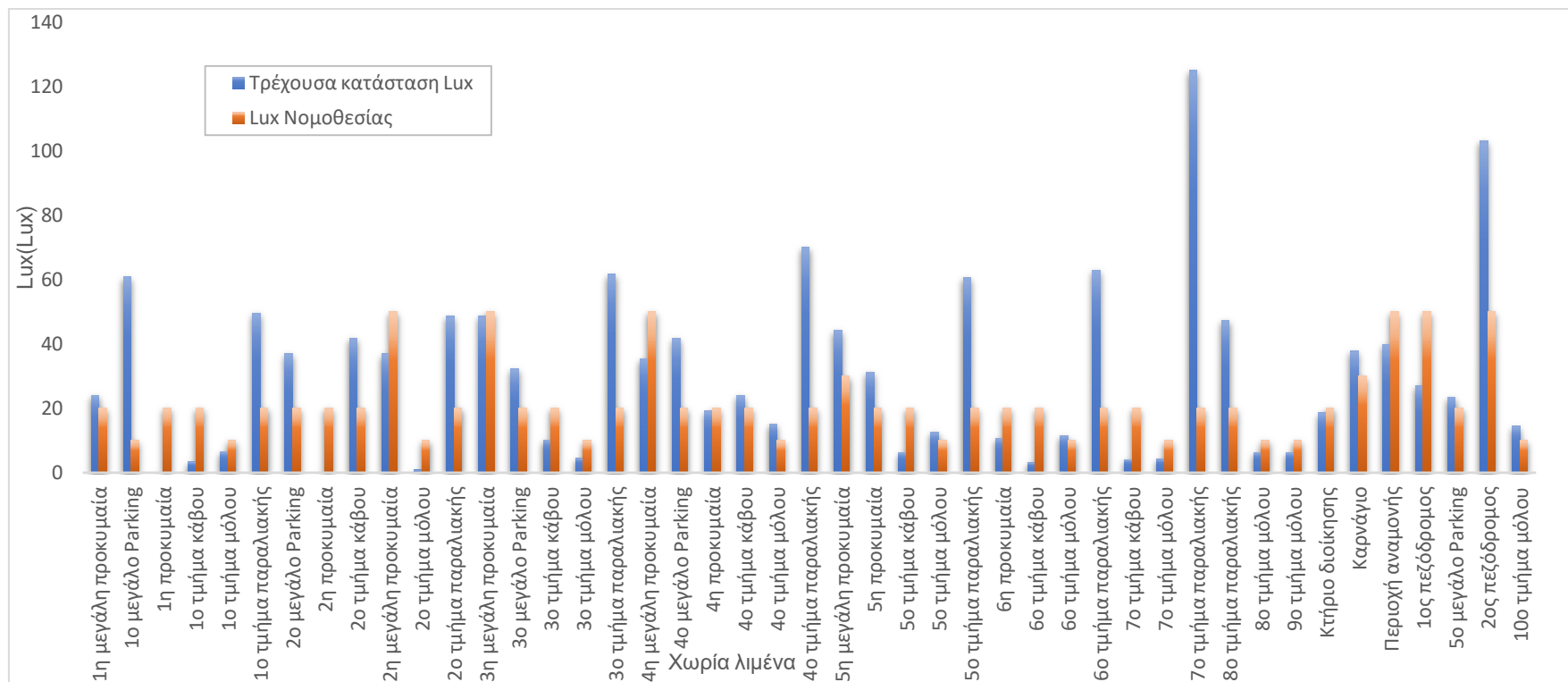
Ανάλυση εξωτερικού φωτισμού τρέχουσας κατάστασης



Εικόνα 32. Τρέχουσα κατάσταση φωτισμού λιμένα μέσω DIALux

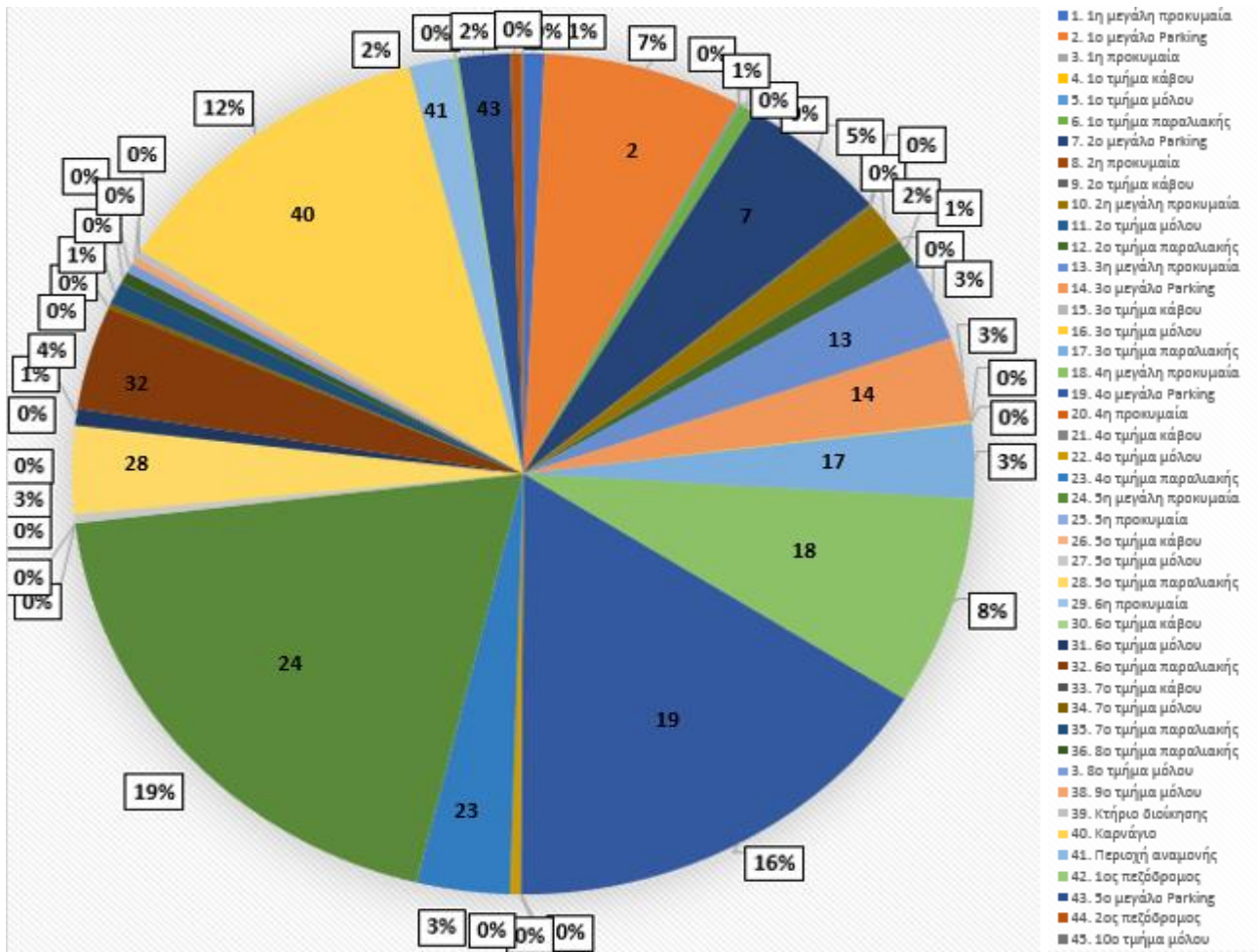
Όπως φαίνεται από το αποτέλεσμα του DIALux ο φωτισμός στα περισσότερα χωρία του λιμένα είναι ικανοποιητικός. Παρόλα αυτά υπάρχουν σημεία που λόγω της γεωμετρίας του δεν φωτίζονται επαρκώς, ενώ ταυτόχρονα διακρίνονται σημεία που υπάρχει περισσότερος φωτισμός από όσο θα έπρεπε. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η παντελής απουσία ομοιομορφίας μεταξύ των τμημάτων του. Αυτό έχει ως συνέπεια την οπτική όχληση όσων διαβαίνουν ή εργάζονται εκεί, καθιστώντας έτσι την συνολική εικόνα του φωτισμού μη

επαρκής για την ομαλή λειτουργία του λιμένα σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία [\(εικόνα 4.2\)](#).



Εικόνα 33. Τρέχουσα κατάσταση Lux σε σχέση με νομοθετικά όρια

Αυτό που αποδεικνύει το παραπάνω διάγραμμα είναι ότι τα χωρία που ανταποκρίνονται στα νομοθετικά όρια για τα Lux είναι περιορισμένα, με τη συντριπτική πλειοψηφία να απέχει πολύ από αυτά. Το χάσμα αυτό αποδεικνύει ότι στα χωρία αυτά έχει γίνει ελλιπής διαστασιολόγηση του φωτισμού με αποτέλεσμα είτε να υπερφωτίζονται είτε να υποφωτίζονται. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται οπτική όχληση, αφού χρησιμοποιούνται περισσότερα W από όσα χρειάζονται στις πλείστες των περιπτώσεων, οδηγώντας έτσι και σε αυξημένες καταναλώσεις ([εικόνα 4.3](#)).



Εικόνα 34. Τρέχουσα ποσοστιαία κατανάλωση χωρίων λιμένα

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η συντριπτική πλειοψηφία της κατανάλωσης του λιμένα οφείλεται στις μεγάλες προβλήτες, στους χώρους στάθμευσης και στον παραλιακό δρόμο, αφού τα τμήματα αυτά είναι τα μεγαλύτερα σε έκταση και τα πιο απαιτητικά σε φωτισμό. Τέλος, είναι τα χωρία που θα μελετηθούν πιο εμπεριστατωμένα προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή ενεργειακή αναβάθμιση ([εικόνα 4.4](#)).

Απεικόνιση εξωτερικού φωτισμού τρέχουσας κατάστασης με χρήση Revit.



Εικόνα 35. Απεικόνιση φωτισμού τρέχουσας κατάστασης με χρήση Revit στο χωρίο της 1ης παροχής του λιμένα



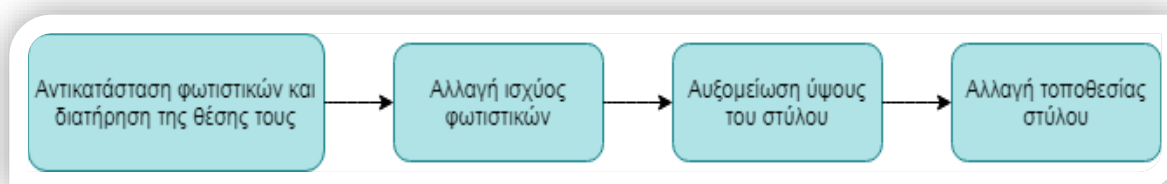
Εικόνα 36. Απεικόνιση φωτισμού τρέχουσας κατάστασης με χρήση Revit στο 2ο χωρίο του λιμένα



Εικόνα 37. Απεικόνιση φωτισμού τρέχουσας κατάστασης με χρήση Revit στο 3ο χωρίο του λιμένα

4.2.2 : Αναβαθμισμένη κατάσταση εξωτερικού φωτισμού

Η μελέτη για τη φωτοενεργειακή αναβάθμιση του λιμένα βασίζεται στη φωτοτεχνική μελέτη της τρέχουσας κατάστασης του εξωτερικού φωτισμού του. Τα κριτήρια με τα οποία θα τοποθετηθούν τα νέα φώτα προκειμένου να επιτευχθούν τα νομοθετικά όρια είναι:



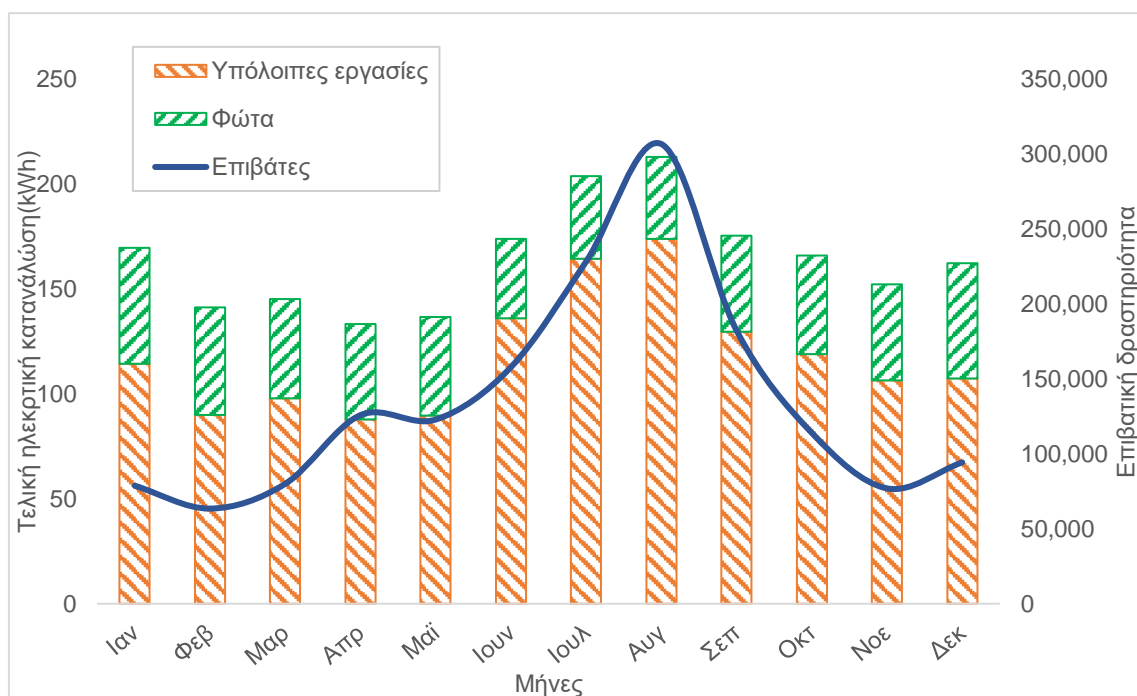
Εικόνα 38. Βήματα τοποθέτησης νέων φωτιστικών

Ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού

Πίνακας 13. Ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης

Είδος Φωτιστικών	Τεμάχια	Συνολική ισχύς (W)	Εποχική διακύμανση(kWh)				Τελική ετήσια κατανάλωση (kWh)
			Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	
Floodlight 20 maxi LED (878W), PL33, asymmetric distribution (5XA7694F3G1AC)	331	141.369,90	178.126,1	156.072,4	130.060,3	154.35,9	618.634,7
Streetlight 20 maxi LED (145W), direct asymmetric wide distribution, ST1.0a(5XB41N2B4 08D)	105	8.516,60	10.730,9	9.402,3	7.853,3	9.300,1	37.268,6
Streetlight 20 maxi LED (85W), direct asymmetric wide distribution, ST1.0a(5XB41N2C4 08C)	140	7.653	9.643,3	8.449,4	7.041,1	8.357,5	33.491,3
Litepole 5XA5412E1A18 (20W)	69	789	994,1	871,1	725,9	861,6	3.452,7
Σύνολο	645	158.328,90	199.494,4	174.795,1	145.662,6	172.895,2	692.847,3

Η ετήσια κατανάλωση του φωτισμού μετά την αλλαγή των φωτιστικών είναι 692.847,3kWh για 100% λειτουργία, αλλά επειδή αυτό δεν είναι εφικτό λόγω διακοπών ρεύματος, αστοχιών του συστήματος και μη χρήσης φωτισμού συγκεκριμένων τμημάτων του λιμένα για ορισμένες ώρες της ημέρας, υπολογίστηκε η πραγματική κατανάλωση ως ένα ποσοστό 80% της αρχικής. Επομένως, η τελική ετήσια κατανάλωση είναι 554.278kWh ή 554,3MWh ([πίνακας 4.3](#)).



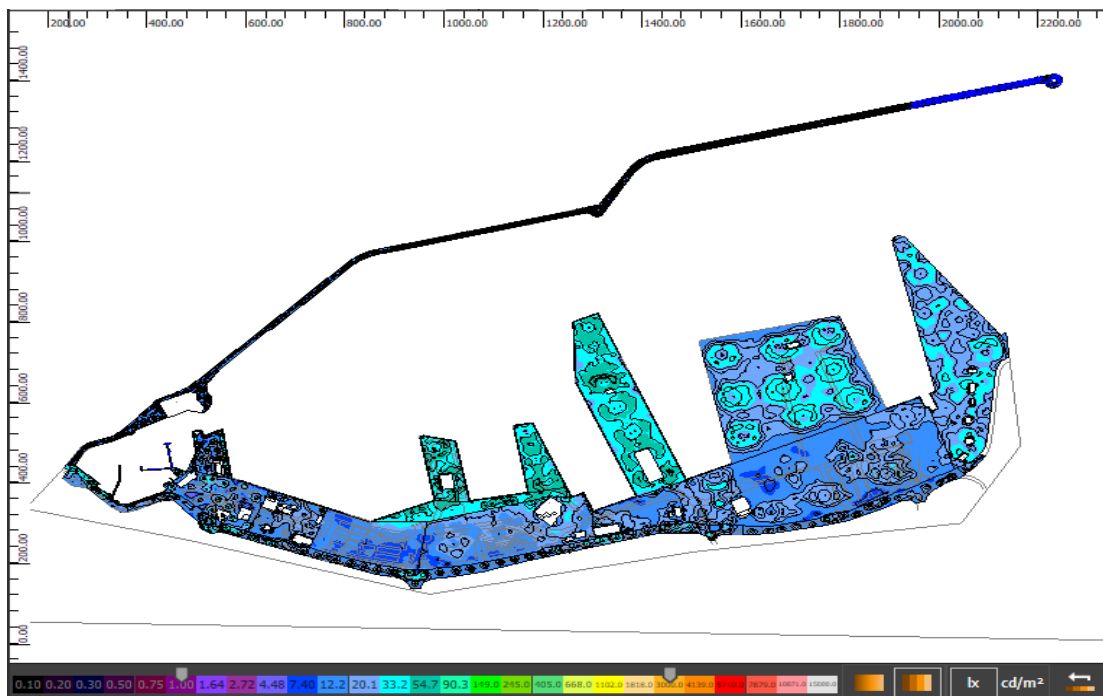
Εικόνα 39. Μηνιαία διακύμανση επιβατών προς ηλεκτρική κατανάλωση φωτισμού και άλλων διεργασιών αναβαθμισμένης κατάστασης

Πίνακας 14. Ποσοστιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος αναβαθμισμένης κατάστασης

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Ποσοστό χρήσης φωτών(%)	32%	36%	32%	34%	34%	22%	19%	18%	26%	28%	30%	34%
Ποσοστό λειτουργίας υπόλοιπων εργασιών(%)	68%	64%	68%	66%	66%	78%	89%	88%	74%	72%	70%	66%

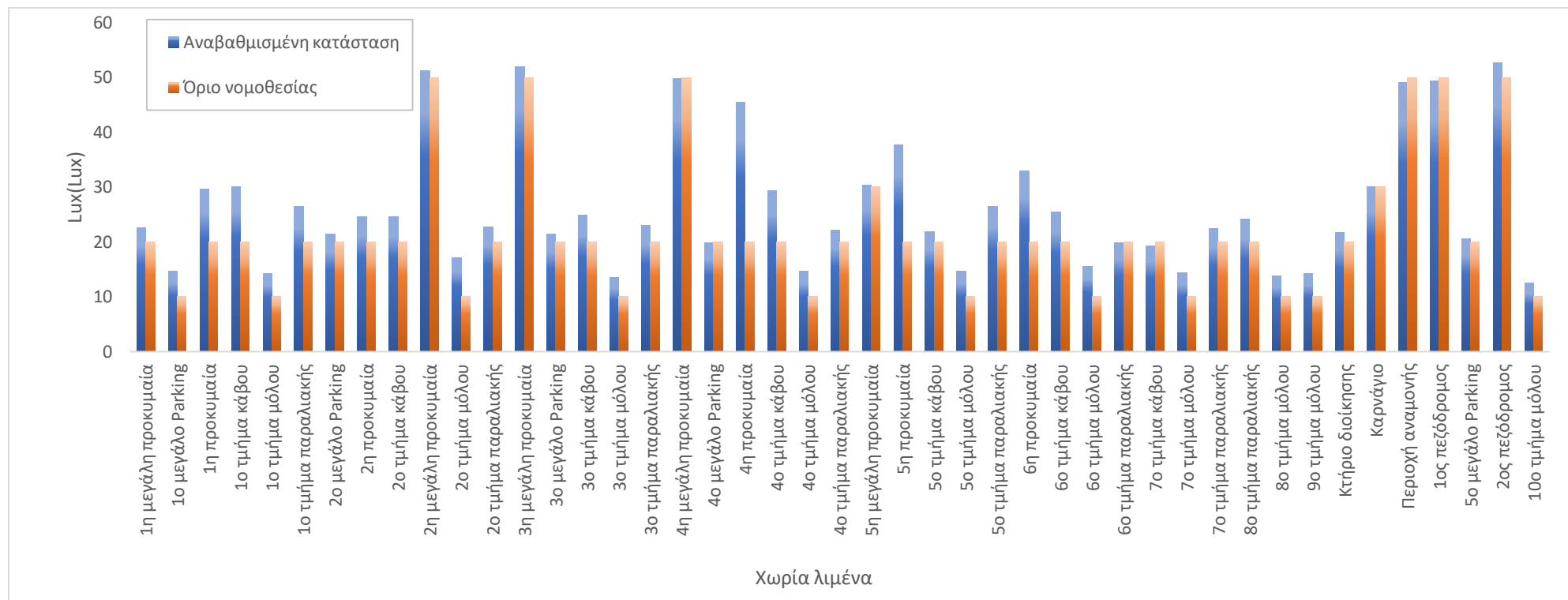
Μετά την αναβάθμιση του φωτισμού και τη μείωση της κατανάλωσής του, το ποσοστό χρήσης του φωτισμού δεν υπερβαίνει το 36% της συνολικής κατανάλωσης του λιμένα τον Φεβρουάριο, με την κατώτερη τιμή να εμφανίζεται τον Αύγουστο με 18%. Αυτή η μείωση έχει μεγάλο αντίκτυπο τόσο στο οικολογικό αποτύπωμα του λιμένα όσο και στο μηνιαίο τιμολόγιο του ρεύματος ([πίνακας 4.4](#)).

Ανάλυση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης



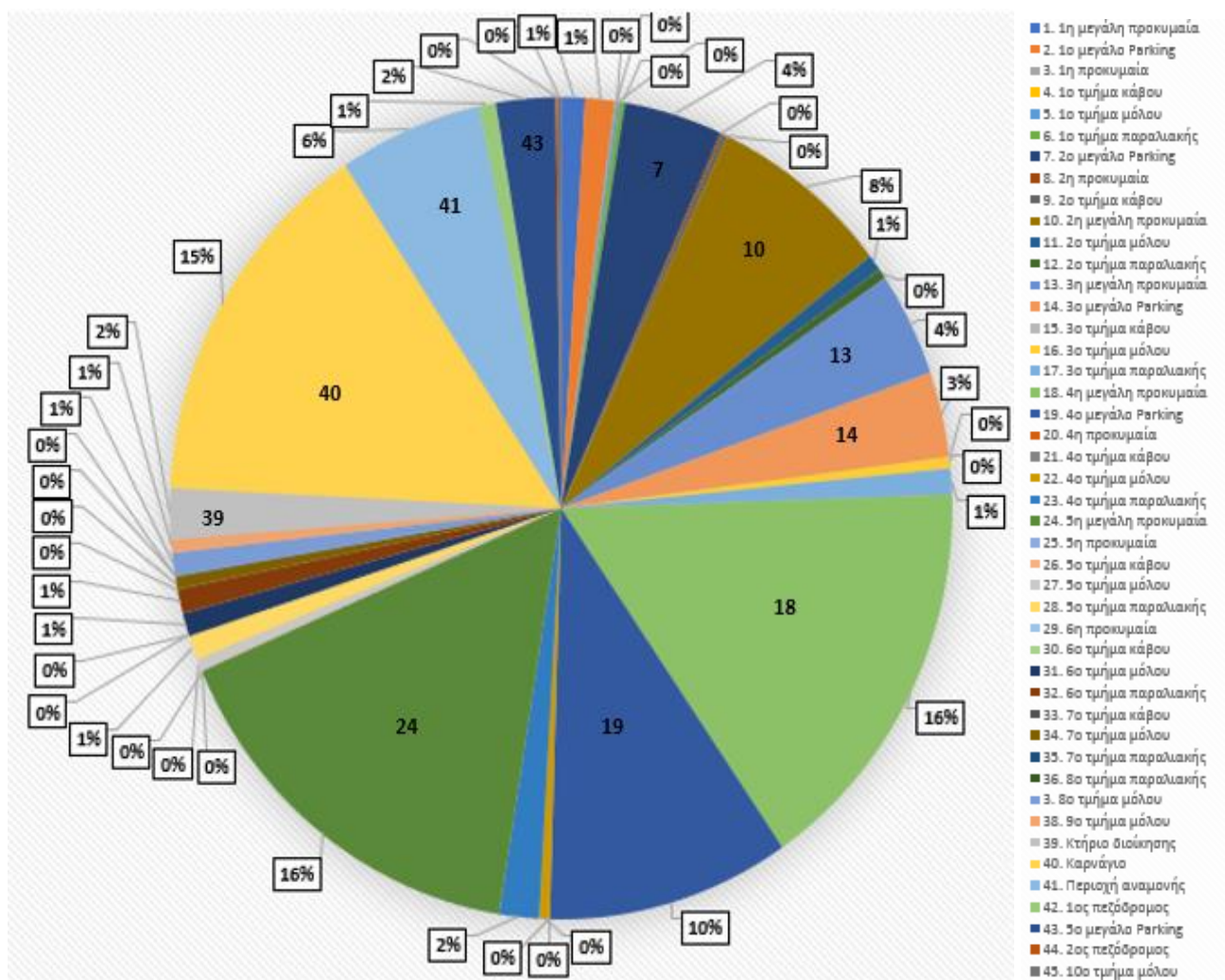
Εικόνα 40. Αναβαθμισμένη κατάσταση φωτισμού λιμένα μέσω DIALux

Μετά τη φωτοτεχνική παρέμβαση στον εξωτερικό φωτισμό το τελικό αποτέλεσμα είναι το παραπάνω. Όπως φαίνεται από το αποτέλεσμα της μελέτης, ο φωτισμός έχει υποστεί ριζική αλλαγή. Τα χωρία έχουν αποκτήσει μεγαλύτερη ομοιομορφία από πριν, ενώ έχει μειωθεί η ηλεκτρική κατανάλωσή τους επιτυγχάνοντας έτσι τους αρχικούς στόχους ([εικόνα 4.10](#)).

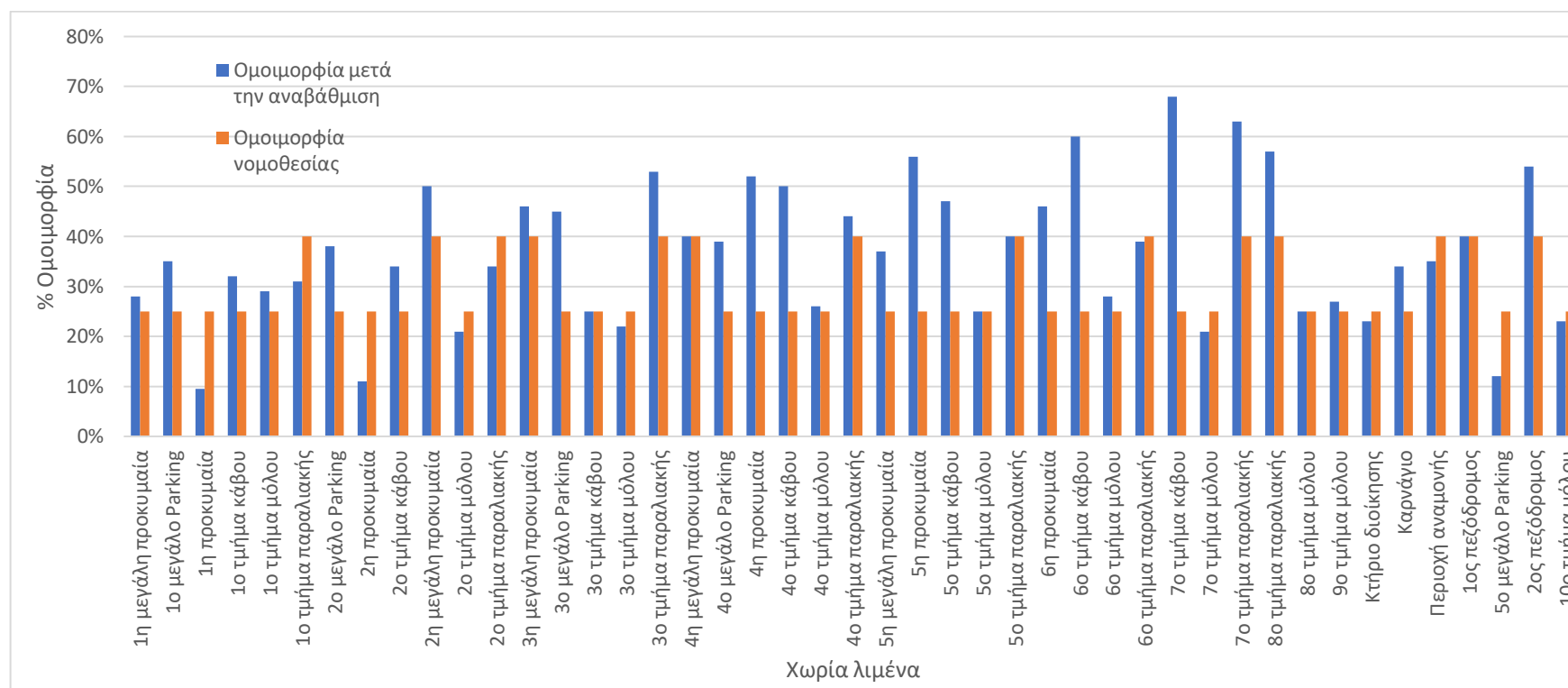


Εικόνα 41. Νομοθετικά όρια Lux σε σχέση με Lux μετά την αναβάθμιση

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι μετά την αλλαγή των φωτιστικών, τα Lux που επιτεύχθηκαν συμβαδίζουν στις περισσότερες περιπτώσεις με αυτά της νομοθεσίας, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι χρησιμοποιώντας τα παραπάνω φωτιστικά στην συγκεκριμένη θέση με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, πραγματοποιήθηκε μία επαρκής βελτιστοποίηση χωρίς μεγάλη υπερδιαστασιολόγηση σε όλες τις περιπτώσεις (εικόνα 4.11). Παρόλα αυτά, εξαιτίας της γεωμετρίας του λιμένα, ορισμένα από τα χωρία αυτά αναγκάστηκαν να υπερδιαστασιολογηθούν προκειμένου να επιτευχθεί τουλάχιστον η απαίτηση τους σε Lux. Αυτό οδήγησε σε προσθήκη 10.101.291 Lumen παραπάνω από το ιδανικό σενάριο, όπου διαιρώντας τα με τη μέση τιμή Lumen/Watt των νέων φωτιστικών (144,9), βρέθηκαν να αντιστοιχούν σε επιπλέον 69.712W.



Εικόνα 42. Αναβαθμισμένη ποσοστιαία κατανάλωση χωρίων λιμένα



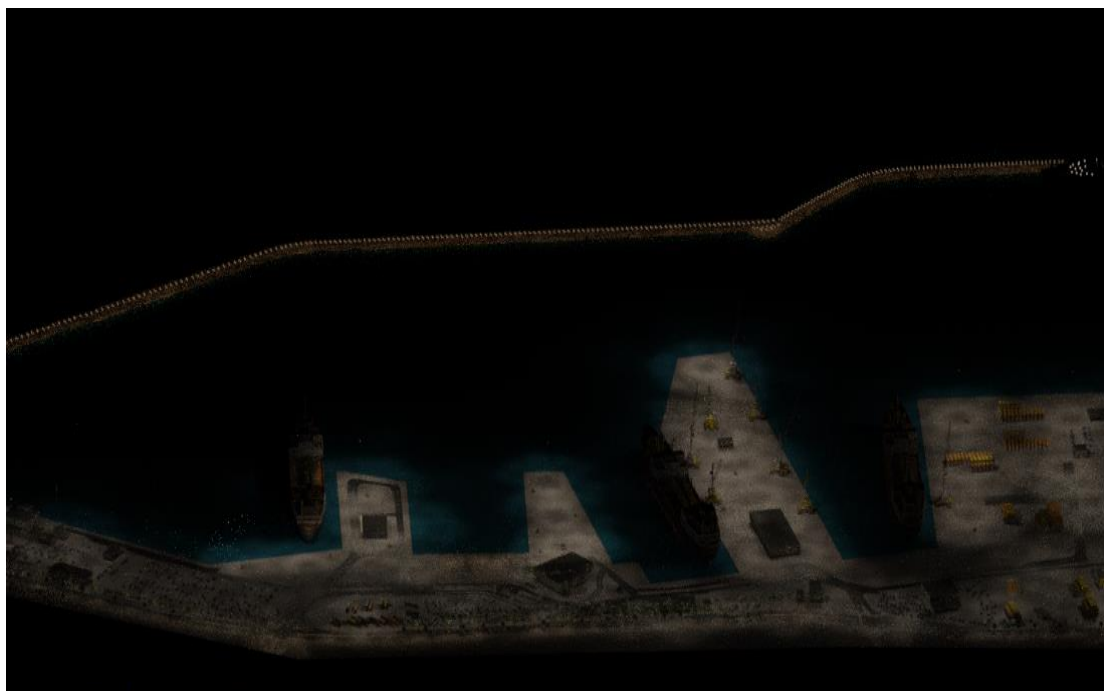
Εικόνα 43. Ομοιομορφία αναβαθμισμένης κατάστασης σε σχέση με νομοθετική

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα, μετά την παρέμβαση στα φωτιστικά έγινε μια ανακατανομή των ποσοστών κατανάλωσης στα χωρία του λιμένα. Προηγούμενα χωρία που είχαν σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού, κατέληξαν με σημαντικό ποσοστό του συνολικού φορτίου ([εικόνα 4.12](#)). Αντίστοιχα, χωρία που πριν ευθυνόντουσαν για μεγάλο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης πλέον έχουν μειώσει αισθητά την κατανάλωσή τους. Έπειτα από αυτήν την ανακατάταξη των ποσοστών η συνολική κατανάλωση μειώθηκε κατακόρυφα. Η αναβάθμιση αυτή του φωτισμού οδήγησε στην κατακόρυφη αύξηση της ομοιομορφίας των χωρίων, αγγίζοντας τα νομοθετικά όρια, ενώ δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που το αποτέλεσμα είναι καλύτερο από το αναμενόμενο, μειώνοντας έτσι το πρόβλημα της οπτικής όχλησης που υπήρχε ([εικόνα 4.13](#)).

Απεικόνιση εξωτερικού φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης με χρήση Revit



Εικόνα 44. Απεικόνιση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης με χρήση Revit στο 1ο χωρίο του λιμένα

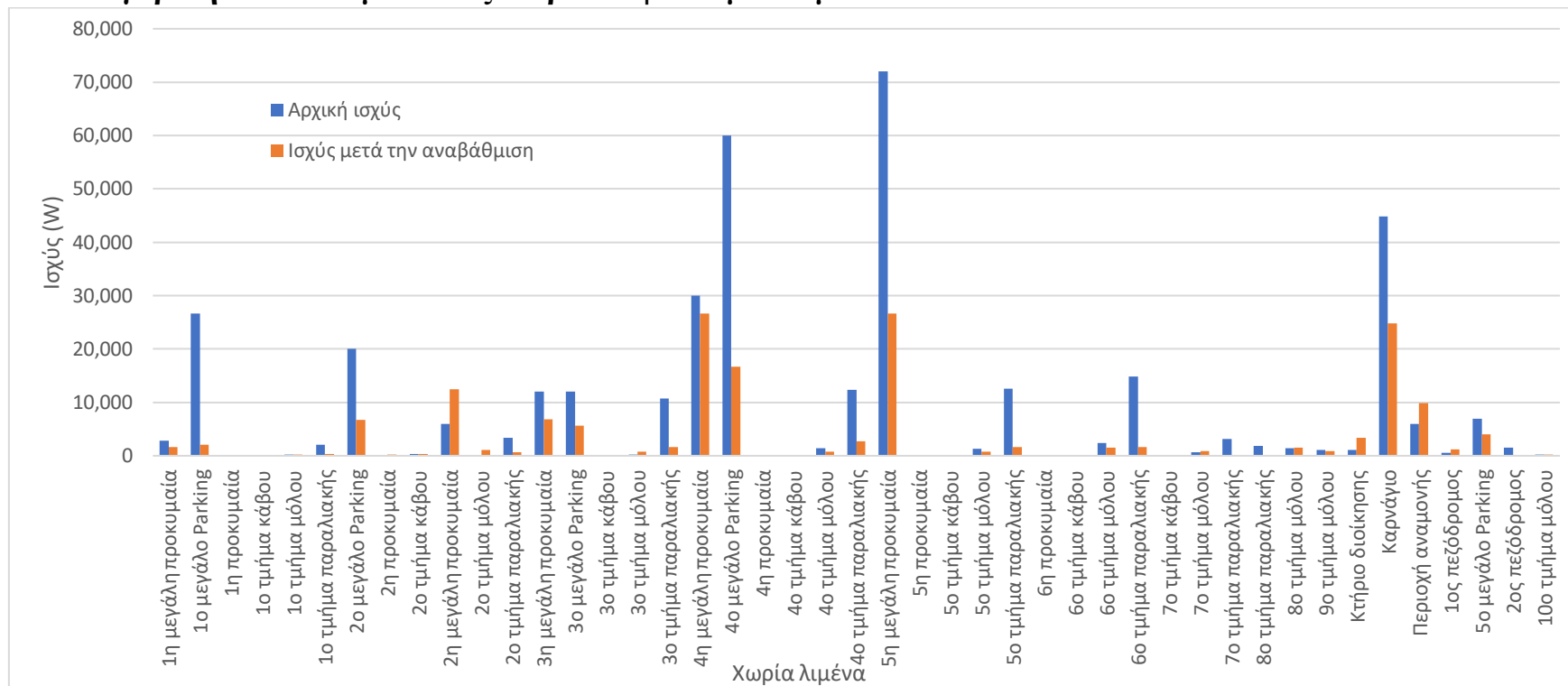


Εικόνα 45. Απεικόνιση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης με χρήση Revit στο 2ο χωρίο του λιμένα

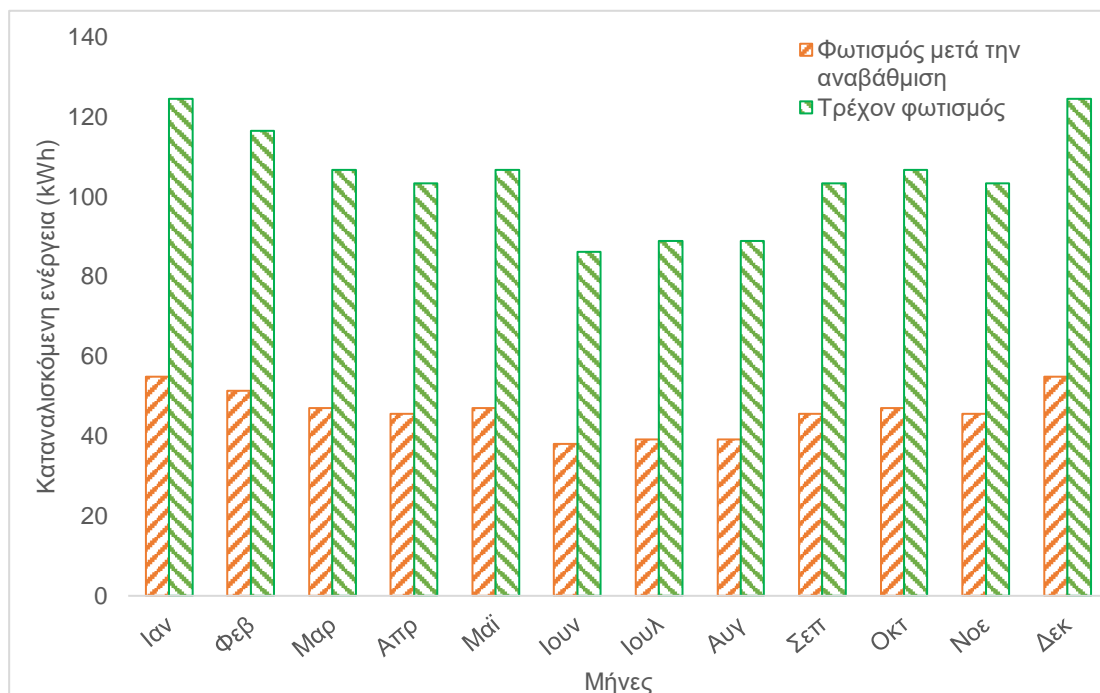


Εικόνα 46. Απεικόνιση φωτισμού αναβαθμισμένης κατάστασης με χρήση Revit στο 3ο χωρίο του λιμένα

4.3 : Σύγκριση αποτελεσμάτων εξωτερικού φωτισμού λιμένα



Εικόνα 47. Αρχική ισχύς χωρίων σε σχέση με την αναβαθμισμένη κατάσταση



Εικόνα 48. Καταναλισκόμενη ενέργεια φωτισμού τρέχουσας κατάστασης σε σχέση με μετά την αναβάθμιση

Τα παραπάνω διαγράμματα αποδεικνύουν ότι η μελέτη είχε σημαντική επίδραση στην μείωση της συνολικής κατανάλωσης του λιμένα αφού η καταναλισκόμενη ενέργεια από τον φωτισμό τόσο στα επιμέρους χωρία όσο και σε μηνιαία βάση μειώθηκε κάτω από το μισό στις πλείστες των περιπτώσεων [\(εικόνα 4.17\)](#) [\(εικόνα 4.18\)](#).

➤ **Ισχύς:**

Η τρέχουσα ισχύς του φωτισμού είναι στα **358.870W**, ενώ μετά την αντικατάσταση και αναδιάρθρωση του φωτισμού η τιμή αυτή πέφτει στα **158.328,9W**. Αυτή η μείωση είναι της τάξεως του **55,88%** στον χώρο του λιμένα. Πιο αναλυτικά, φαίνεται ότι οι προβλήτες και κάποιοι από τους χώρους στάθμευσης ευθύνονται για τη συντριπτική πλειοψηφία της ισχύος που είναι κατανεμημένη στον χώρο του λιμένα. Όπως είναι προφανές αυτοί είναι και οι χώροι όπου δόθηκε μεγαλύτερη βαρύτητα για την ενεργειακή αναβάθμιση. Για παράδειγμα, στον χώρο του 5^η μεγάλη προβλήτα υπάρχει μείωση της τάξης του **62,98%** και στο 4^ο μεγάλο Parking κατά **72,16%**.

➤ **Κατανάλωση:**

Σύμφωνα με τους αρχικούς υπολογισμούς η ετήσια κατανάλωση του εξωτερικού φωτισμού του λιμένα ανέρχεται σε 1.256.318,1kWh, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 46,93% από τις 2.676.907,7kWh που καταναλώνει συνολικά. Μετά την φωτοενεργειακή μελέτη το νούμερο αυτό έπεσε στις 554.278kWh ετησίως, αντιστοιχώντας στο 28,07% της συνολικής, αφού

μειώνοντας την κατανάλωση των φωτιστικών, θα μειωθεί και η συνολική κατανάλωση του λιμένα κατά $1.256.318,1 - 554.278 = 702.040,1 \text{ kWh}$. Αυτό ρίχνει την ετήσια κατανάλωση στις $1.974.867,6 \text{ kWh}$.

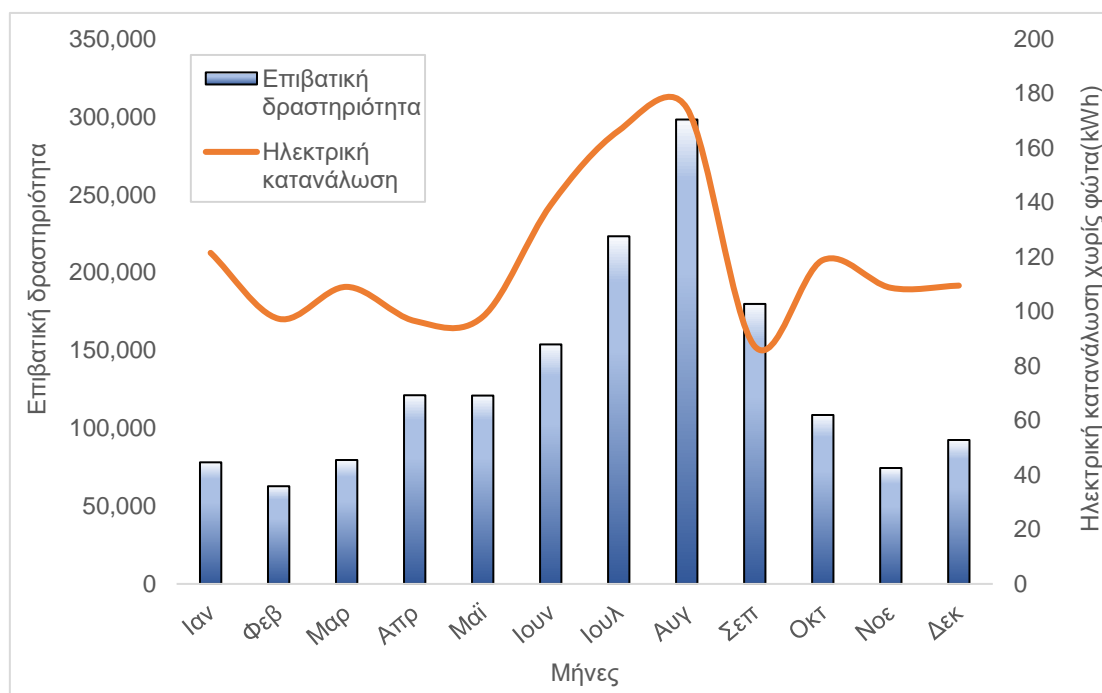
Πίνακας 15. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Ισχύς φωτισμού (kW)		Κατανάλωση φωτισμού (kWh)	
Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
358.870	158.328,9	1.256.318,1	554.278
Μείωση(%)			
55,88			

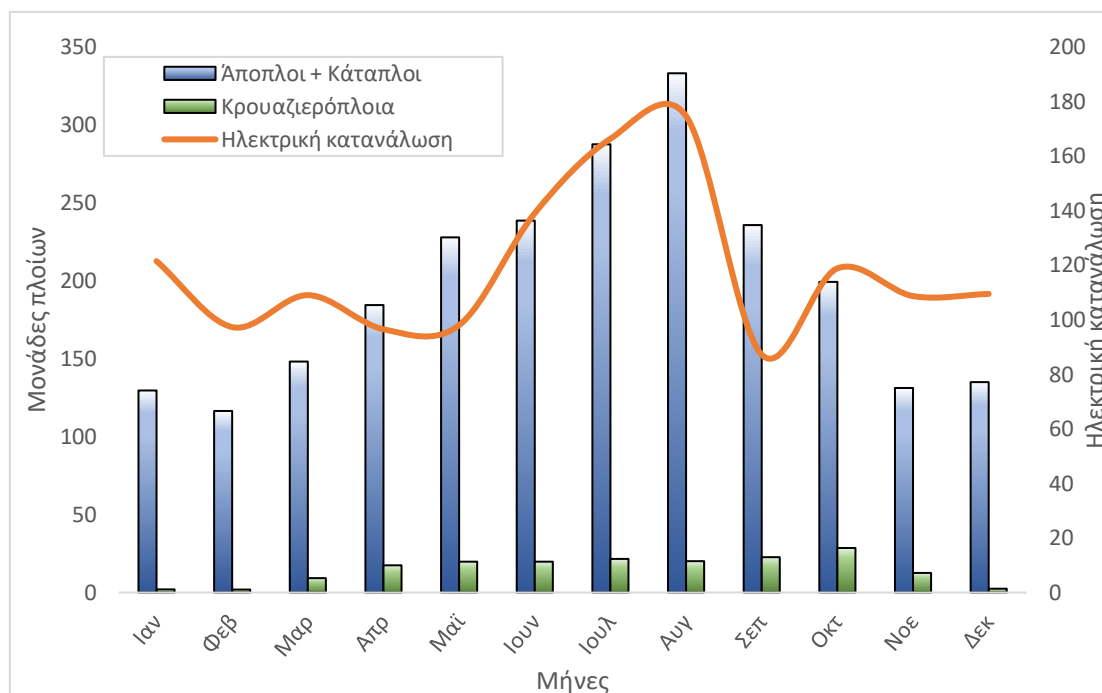
- Τα παραπάνω δεδομένα και υπολογισμοί αφορούν αποκλειστικά τον εξωτερικό φωτισμό του λιμένα και δεν περιλαμβάνουν τον φωτισμό του μόλου, αφού είναι καταχωρημένος στον Δήμο Ηρακλείου σε αντίθεση με τον υπόλοιπο που είναι καταχωρημένος στον ΟΛΗ. Παρόλα αυτά, επειδή ο μόλος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τον λιμένα συμπεριλήφθηκε στην φωτοτεχνική μελέτη αφού είναι αναπόσπαστο κομμάτι του εξωτερικού φωτισμού του. Επιπλέον, εξαιρούνται οι καταναλώσεις από τα φώτα στο εσωτερικό των κτηρίων του λιμένα, όπως και πιθανά ενσωματωμένα φωτιστικά στο εξωτερικό κέλυφός τους. Τέλος, εξαιρούνται οι ιδιωτικές επιχειρήσεις που ενδεχομένως να έχουν εγκατεστημένο δικό τους ανεξάρτητο σύστημα [\(πίνακας 4.5\)](#).

4.4 : Σύγκριση κατανάλωσης με δημογραφικά δεδομένα λιμένα

Προκειμένου να υπάρξει μεγαλύτερη κατανόηση της ενεργειακής κατάστασης του λιμένα πρέπει να διαπιστωθεί αν και σε ποιο βαθμό η ηλεκτρική κατανάλωση επηρεάζεται από την κίνηση των πλοίων και των επιβατών. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές μέθοδοι σύγκρισης των παραπάνω δημογραφικών δεδομένων. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η αφαίρεση της μηνιαίας κατανάλωσης της τρέχουσας κατάστασης του εξωτερικού φωτισμού από τη μηνιαία συνολική κατανάλωση του λιμένα για τον λόγο ότι η κατανάλωση του φωτισμού, μπορεί να έχει μηνιαία διακύμανση, αλλά είναι σταθερή σε ετήσια βάση. Ο υπολογισμός της μηνιαίας κατανάλωσης των φωτιστικών διαμορφώθηκε λαμβάνοντας υπόψιν την εποχική λειτουργία τους όπως και πριν.



Εικόνα 49. Αρχική ηλεκτρική κατανάλωση χωρίς φωτισμό σε σχέση με επιβατική δραστηριότητα



Εικόνα 50. Αρχική ηλεκτρική κατανάλωση χωρίς φωτισμό σε σχέση με επιβατικά και κρουαζιερόπλοια

Όπως φαίνεται, η μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση έχει καρά κόρον ανάλογη πορεία με την κίνηση των επιβατών καθώς και με την κίνηση των πλοίων. Αυτό συμβαίνει καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου με εξαίρεση τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο όπου η πορεία της είναι αντίστροφη με αυτή της κίνησης των επιβατών και από Μάρτιο - Μάιο και Σεπτέμβριο με Οκτώβριο για τα κρουαζιερόπλοια και επιβατικά που χρησιμοποιούν τον λιμένα ([εικόνα 4.19](#)) ([εικόνα 4.20](#)).

Στο παρακάτω κομμάτι πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις της ηλεκτρικής κατανάλωσης με την κίνηση των επιβατών, των επιβατικών πλοίων και των κρουαζιερόπλοιων που διέρχονται από τον λιμένα. Τα δημογραφικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα είναι από το έτος 2002-2018 σε μηνιαία βάση, ενώ αυτά των καταναλώσεων, για την 1^η και 3^η παροχή από το 2010-2019 και για την 2^η παροχή από το 2017-2019 λόγω απουσίας τηλεμετρίας. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε η παλινδρόμηση και η συσχέτιση των δεδομένων αυτών με χρήση του Minitab, βρίσκοντας κάθε πιθανό συνδυασμό προκειμένου να αποδειχθεί εάν και σε ποιο βαθμό η ηλεκτρική κατανάλωση επηρεάζεται από τη γενικότερη κίνηση στον χώρο του λιμένα. Επειδή η διαθεσιμότητα των δεδομένων δεν επιτρέπει την ενιαία σύγκρισή τους, χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες-χρονικές περιόδους προκειμένου να καλυφθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος συνδυασμών. Η πρώτη πραγματοποιήθηκε με τα διαθέσιμα δεδομένα από 2010 έως το 2018 και η δεύτερη από 2017-2018.

- Παλινδρόμηση-Regression(R^2): Υποδεικνύει την ακρίβεια με την οποία τα δεδομένα επαληθεύουν την εξίσωση της ευθείας τους. Όσο καλύτερα την επαληθεύουν, με τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια μπορεί να γίνει μία μελλοντική πρόβλεψη για το ζευγάρι των δεδομένων αυτών. Παίρνει τιμές από 0% έως 100% με τα μεγαλύτερα ποσοστά να είναι και τα επιθυμητά για πιο ακριβείς προβλέψεις. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι παλινδρομήσεις υπολογίστηκαν με ακρίβεια 95%.
- Συσχέτιση-Correlation(r): Υποδεικνύει τη συσχέτιση που έχει ένα ζευγάρι τιμών μεταξύ τους. Παίρνει τιμές από -1 έως 1, με αυτές που είναι κοντά στο 1 να δείχνουν ότι οι τιμές του ζευγαριού αυτού μεταβάλλονται ανάλογα, ενώ όταν αυτές πλησιάζουν το -1 ότι μεταβάλλονται αντιστρόφως ανάλογα. Αντίστοιχα η τιμή αυτή όταν πλησιάζει το 0, δείχνει ότι τα δεδομένα αυτά δεν σχετίζονται μεταξύ τους. Όπως και στην παλινδρόμηση έτσι και εδώ οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με ακρίβεια 95%.

4.4.1 : 1^η στατιστική σύγκριση

Η πρώτη κατηγορία συγκρίνει τα δημογραφικά δεδομένα των επιβατών, των κρουαζιερόπλοιων και των επιβατικών πλοίων, με τα αντίστοιχα δεδομένα της ηλεκτρικής κατανάλωσης της 1^{ης} και 3^{ης} παροχής τόσο ξεχωριστά όσο και σε συνδυασμό μεταξύ τους από το 2010 έως το 2018 σε μηνιαία βάση.

Πιο αναλυτικά, η σύγκριση των επιβατών με την 1^η παροχή έχει παλινδρόμηση $R^2=27,14\%$ και συσχέτιση $r=-0,440$, ενώ η 3^η έχει $R^2=42,19\%$ και $r=0,638$. Αθροίζοντας τις δύο αυτές παροχές και συγκρίνοντας τις παίρνουμε παλινδρόμηση $R^2=15,08\%$ και συσχέτιση $r=-0,200$. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι η επιβατική κίνηση δεν σχετίζεται άμεσα με την ηλεκτρική κατανάλωση της 1^{ης} και 3^{ης} παροχής.

Πραγματοποιώντας τις συγκρίσεις των πλοίων με τις δύο αυτές παροχές καταλήγουμε ότι τα επιβατικά πλοία έχουν παλινδρόμηση $R^2=24,02\%$ και συσχέτιση $r=-0,390$ με την 1^η παροχή, ενώ με την 3^η ισχύει ότι $R^2=24,56\%$ και $r=0,495$. Προσθέτοντας τις δύο αυτές παροχές καταλήγουμε σε $R^2=6,67\%$ και $r=0,116$. Ταυτόχρονα, τα κρουαζιερόπλοια σε σχέση με την 1^η παροχή έχουν $R^2=24,80\%$ και $r=-0,428$, ενώ με την 3^η $R^2=8,22\%$ και $r=0,273$. Προσθέτοντας τις δύο παροχές έχουμε $R^2=9,26\%$ και $r=-0,110$. Επομένως, καταλήγουμε ότι κανένα από τα δύο είδη πλοίων δεν επηρεάζει άμεσα την κατανάλωση του λιμένα.

Αθροίζοντας τον αριθμό των επιβατικών πλοίων και κρουαζιερόπλοιων σχηματίζεται μία πιο σφαιρική εικόνα, για την ηλεκτρική κατανάλωση του λιμένα αφού και τα δύο είδη πλοίων έχουν τις ίδιες ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα για το χρονικό διάστημα που σταθμεύουν στο λιμάνι. Οπότε η σχέση του αθροίσματος των πλοίων αυτών με την 1^η παροχή έχει παλινδρόμηση $R^2=25,68\%$ και συσχέτιση $r=-0,411$, ενώ με την 3^η $R^2=24,13\%$ και $r=0,490$. Αθροίζοντας τις δύο παροχές έχουμε $R^2=8,38\%$ και $r=0,094$. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι τα πλοία δεν σχετίζονται άμεσα με την ηλεκτρική κατανάλωση των δύο παροχών αυτών.

4.4.2 : 2^η στατιστική σύγκριση

Η δεύτερη κατηγορία συγκρίνει τα δημογραφικά δεδομένα των επιβατών, των κρουαζιερόπλοιων και των επιβατικών πλοίων, με τα αντίστοιχα δεδομένα κατανάλωσης και των τριών παροχών τόσο ξεχωριστά όσο και σε συνδυασμό μεταξύ τους από το 2017 έως το 2018 σε μηνιαία βάση.

Πιο αναλυτικά, η σύγκριση των επιβατών με την 1^η παροχή έχει παλινδρόμηση $R^2=57\%$ και συσχέτιση $r=-0,649$, με την 2^η να έχει $R^2=15,39\%$ και $r=-0,204$, ενώ η 3^η έχει $R^2=31,73\%$ και $r=0,557$. Αθροίζοντας και τις τρεις αυτές παροχές και συγκρίνοντας τις παίρνουμε παλινδρόμηση $R^2=11,67\%$ και συσχέτιση $r=0,280$. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι για την 2^η και 3^η παροχή, η επιβατική κίνηση δεν σχετίζεται άμεσα με την ηλεκτρική κατανάλωση, ενώ όσον αφορά την 1^η τα αποτελέσματα είναι σαφώς καλύτερα.

Αναλύοντας τις συγκρίσεις των πλοίων με τις τρεις αυτές παροχές καταλήγουμε ότι τα επιβατικά πλοία έχουν παλινδρόμηση $R^2=66,54\%$ και συσχέτιση $r=-0,713$ με την 1^η παροχή, με την 2^η έχουν $R^2=31,66\%$ με $r=0,346$, ενώ με την 3^η ισχύει ότι $R^2=25,82\%$ και $r=0,507$. Προσθέτοντας τις τρεις αυτές παροχές έχουμε $R^2=24,68\%$ και $r=0,436$. Ταυτόχρονα, τα κρουαζιερόπλοια σε σχέση με την 1^η παροχή έχουν $R^2=75,15\%$ και $r=-0,658$, με την 2^η $R^2=7,2\%$ και $r=0,145$, ενώ με την 3^η $R^2=3,29\%$ και $r=0,046$. Προσθέτοντας τις τρεις παροχές καταλήγουμε σε $R^2=5,54\%$ και $r=-0,232$. Επομένως, μόνο η 1^η παροχή επηρεάζεται άμεσα από την κίνηση των πλοίων, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες.

Αθροίζοντας τώρα τον αριθμό των παραπάνω πλοίων σχηματίζεται μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την ηλεκτρική κατανάλωση του λιμένα αφού και τα δύο είδη πλοίων έχουν τις ίδιες ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα για το χρονικό διάστημα που παραμένουν στο λιμάνι. Οπότε η σχέση των πλοίων με την 1^η παροχή έχει παλινδρόμηση $R^2=68,13\%$ και συσχέτιση $r=-0,729$, με την 2^η $R^2=33,98$ και $r=0,336$, ενώ με την 3^η $R^2=23,53\%$ και $r=0,507$. Αθροίζοντας τις τρεις παροχές έχουμε $R^2=25,54\%$ και $r=0,428$. Οπότε μόνο η 1^η παροχή επηρεάζεται άμεσα από την κίνηση των πλοίων, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες δύο.

4.4.3 : Συμπεράσματα σύγκρισης δημογραφικών και ενεργειακών δεδομένων λιμένα.

Το συμπέρασμα που προκύπτει και από τις δύο κατηγορίες όπου πραγματοποιήθηκε η σύγκριση είναι ότι η επιβατική δραστηριότητα, η κίνηση των κρουαζιερόπλοιων και των επιβατικών δεν επηρεάζει την ηλεκτρική κατανάλωση όπως ήταν αναμενόμενο. Αυτό συμβαίνει για ποικίλους λόγους. Αρχικά, η Κρήτη είναι μεγάλος τουριστικός προορισμός τους καλοκαιρινούς μήνες με το λιμάνι του Ηρακλείου να δέχεται τον μεγαλύτερο όγκο τουριστών του νησιού. Οι τουρίστες φτάνουν στο νησί είτε με επιβατικά πλοία είτε με κρουαζιερόπλοια. Επίσης, λόγω της αυξημένης κίνησης τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχουν δύο δρομολόγια για τα επιβατικά πλοία την ημέρα σε αντίθεση με τους χειμερινούς που υπάρχει μόνο ένα. Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται ακραίες τιμές το καλοκαίρι δημιουργώντας έτσι την ανομοιομορφία στην διακύμανση των δημογραφικών δεδομένων από μήνα σε μήνα. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα πλοία για το χρονικό διάστημα που είναι σταθμευμένα στο λιμάνι είναι συνδεδεμένα με την κεντρική παροχή για τις ενεργειακές τους ανάγκες αντί να τις

καλύπτουν από την λειτουργία των μηχανών τους, εκτοξεύει αυτόματα την ηλεκτρική κατανάλωση. Το αποτέλεσμα στο οποίο καταλήγουμε είναι ότι η κίνηση των πλοίων δεν σχετίζεται άμεσα με την ηλεκτρική κατανάλωση του λιμένα είτε συγκρίνουμε κάθε κατηγορία πλοίου (κρουαζιερόπλοια και επιβατικά) ξεχωριστά είτε αθροιστικά, με εξαίρεση την 1^η παροχή όπου εμφανίζεται ελαφριά συσχέτιση. Στην ίδια κατηγορία συγκαταλέγονται και οι επιβάτες που διέρχονται από το λιμάνι. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι το λιμάνι έχει μεγάλο λειτουργικό κόστος. Στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται η θέρμανση, η ψύξη και ο εσωτερικός φωτισμός των κτηριακών μονάδων όπως επίσης και η λειτουργία των 6 ηλεκτρικών γερανών για τη φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων σε καθημερινή βάση.

4.5 : Το ενεργειακό σύστημα της Κρήτης

Το ενεργειακό σύστημα της Κρήτης είχε εγκατεστημένη συνολική ισχύ ίση με 1.076,7MW για το έτος 2019. Τα 279,88MW από αυτά είναι από συστήματα ΑΠΕ ενώ τα υπόλοιπα 796,82MW από τους τρεις σταθμούς συμβατικής παραγωγής στα Λινοπεράματα, στα Χανιά και στον Αθρινόλακκο. Η ετήσια ισχύς ζήτησης το 2019 ανέρχεται στα 707MW, με προτεραιότητα κάλυψης να δίνεται στα συστήματα των ΑΠΕ και στα 279,88MW ενώ τα υπόλοιπα 427,12MW καλύπτονται από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής του νησιού. (Συνολική Παραγωγή GWh θερμική παραγωγή παραγωγή αιολικών παρκων παραγωγή φβ σταθμων φβ ειδικου προγραμματος και net metering, n.d.)

Ενεργειακή ανάλυση νησιού

Πίνακας 16. Παραγωγή ενέργειας στην Κρήτη ΔΕΔΔΗΕ 2019

	Φωτοβολταϊκ ά (MWh)	Ανεμογεννήτρι ς (MWh)	Φωτοβολταϊκ ά net metering (MW)	μΥΗΣ (MWh)	Συμβατικοί σταθμοί (MWh)	Ποσοστ ό ΑΠΕ (%)
Ιανουάριος	6.000,78	45.093,19	1.900,22	0	208.053,80	20,30
Φεβρουάριος	6.202,45	38.632,14	1.884,90	0	181.407,87	20,48
Μάρτιος	11.301,68	36.618,84	2.482,79	0	166.212,54	23,27
Απρίλιος	11.358,96	35.764,27	2.699,71	100,53	167.912,28	22,92
Μάιος	13.754,44	24.389,18	5.345,49	104,99	199.419,85	17,94
Ιούνιος	15.226,25	52.718,25	5.456,49	80,45	219.355,15	25,09
Ιούλιος	16.069,76	53.973,84	3.228,17	60,2	263.843,60	21,75
Αύγουστος	15.822,61	69.179,66	3.154,97	51,14	259.343,29	25,38
Σεπτέμβριος	13.594,75	53.109,36	2.839,01	37,98	217.202,78	24,26
Οκτώβριος	10.879,76	31.821,01	2.721,24	35,95	207.339,72	17,98
Νοέμβριος	7.876,50	24.583,57	2.355,59	39,89	162.248,98	17,68
Δεκέμβριος	6.679,14	39.254,42	2.249,44	48	186.044,47	20,59
Σύνολο	134.767,08	505.137,73	36.318,02	559,13	2.438.384,3	21,73

Πίνακας 17. Συγκεντρωτικός πίνακας ενέργειας Κρήτης 2019

Μονάδα Παραγωγής	Παραγωγή Ενέργειας (MWh)	Ποσοστά(%)
Συμβατική παραγωγή	2.438.384,33	78,27
Αιολικά πάρκα	505.137,73	16,22
Φωτοβολταϊκά + Φωτοβολταϊκά net metering	171.085,10	5,49
μΥΗΣ	559,13	0,02
Σύνολο	3.115.166,29	100

Συγκρίνοντας τους τρόπους παραγωγής ενέργειας του νησιού, είναι φανερό πως αυτός που κυριαρχεί είναι η χρήση συμβατικών μεθόδων με ποσοστό 78,27% για το έτος 2019 με τις ΑΠΕ να καλύπτουν το υπόλοιπο 21,73% της παραγωγής. Από αυτό, το 16,22% παράγεται από αιολικά πάρκα, το 5,49% από φωτοβολταϊκά και το 0,02% από υδροηλεκτρικά μικρής κλίμακας, ποσοστά αρκετά χαμηλά αν ληφθεί υπόψιν ότι στο νησί υπάρχει άφθονο αιολικό και ηλιακό δυναμικό όλο τον χρόνο ([πίνακας 4.7](#)). Η περίοδος όπου οι απαιτήσεις φαίνονται να είναι οι υψηλότερες είναι τους καλοκαιρινούς μήνες και πιο συγκεκριμένα τον Αύγουστο. Αυτός είναι και ο μήνας όπου οι ΑΠΕ συμβάλλουν με το μεγαλύτερο ποσοστό τους στο έτος, ενώ ο Νοέμβριος είναι ο μήνας όπου συνεισφέρουν λιγότερο με 25,38% και 17,68% αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, τα φωτοβολταϊκά προσφέρουν περισσότερη ενέργεια τον Μάιο με ποσοστό 43,81% επί των ΑΠΕ ενώ οι ανεμογεννήτριες τον Ιανουάριο με ποσοστό 85,09%. Τέλος, τα μΥΗΣ συμμετέχουν τον μήνα Μάιο με 0,24%, ποσοστό σχεδόν μηδαμινό, αφού η συγκεκριμένη μέθοδος παραγωγής δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική λόγω του μεγάλου κόστους κατασκευής τους και του χαμηλού δυναμικού που διαθέτει η χώρα. Γι' αυτούς τους λόγους χρησιμοποιούνται σε μεμονωμένες περιπτώσεις μικρής κλίμακας ενώ είναι προτιμότερη η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ανεμογεννητριών εξαιτίας των άφθονων πόρων που διαθέτει η Ελλάδα ([πίνακας 4.6](#)) (Πληροφοριακό Δελτίο Παραγωγής Στα, n.d.).

4.6 : HOMER

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα σενάρια που μελετήθηκαν για την ενεργειακή αναβάθμιση του λιμένα Ηρακλείου, ώστε να γίνει ενεργειακά ανεξάρτητος και σχεδόν μηδενικών αερίων εκπομπών (Near Zero Emission), καθώς και τα κριτήρια με τα οποία έγινε η επιλογή αυτή. Τα σενάρια αυτά αποτελούνται από έναν συνδυασμό φωτοβολταϊκών πάνελ, ανεμογεννητριών και συστημάτων με μπαταρίες, για την αποθήκευση της περίσσειας ενέργειας που παράγεται, παρέχοντας έτσι περισσότερη αξιοπιστία με την αδιάκοπη λειτουργία του λιμένα. Παρόλα αυτά, λόγω της εξάρτησης των ΑΠΕ από τις κλιματολογικές συνθήκες δεν υπάρχει πλήρης αξιοπιστία για συνεχή παροχή ενέργειας ακόμα και με τη χρήση συστημάτων

αποθήκευσης χωρίς να γίνει υπερδιαστασιολόγηση κάποιου συστήματος παραγωγής. Ακόμα και έτσι, ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης προκειμένου να καλυφθούν τυχόν ελλείψεις με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής που είναι εγκατεστημένοι στο νησί. Επιπλέον, κατά τη διαστασιολόγησή τους λήφθηκε υπόψη η μέθοδος του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (Virtual Net Metering) δηλαδή η εγκατάσταση των συστημάτων παραγωγής ενέργειας σε χώρο μακριά από τον λιμένα, παραχωρώντας έτσι την ενέργεια που παράγουν στην γύρω περιοχή, ενώ ταυτόχρονα ο λιμένας θα παίρνει τα ίδια ποσά ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Αυτό γίνεται για εκμηδενισμό των απωλειών που θα υπήρχαν κατά τη μεταφορά της ενέργειας καθώς και, για να μην επιβαρυνθεί το δίκτυο κατά τη μεταφορά. Παράλληλα, η ενέργεια του λιμανιού που δεν καταναλώνεται άμεσα και δεν αποθηκεύεται, παραλαμβάνεται από το προαναφερθέν δίκτυο της πόλης δημιουργώντας μια σχέση παραγωγού-καταναλωτή με τον Δήμο Ηρακλείου. Με την χρήση, λοιπόν, του HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables) και των παραπάνω παραμέτρων εξάχθηκε μία πληθώρα σεναρίων ικανών να καλύψουν τις προαναφερθείσες απαιτήσεις.

4.6.1 : ΑΠΕ και Συστήματα αποθήκευσης που χρησιμοποιήθηκαν

Για να πραγματοποιηθεί η απεξάρτηση του λιμένα από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης, καθώς και η μείωση του οικολογικού αποτυπώματός του στον μέγιστο δυνατό βαθμό πρέπει να γίνει εγκατάσταση αειφόρων και φιλικών προς το περιβάλλον συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας. Εξαιτίας λοιπόν του άπλετου αιολικού και ηλιακού δυναμικού του νησιού τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι ανεμογεννήτριες θεωρούνται η πιο μακροπρόθεσμα βιώσιμη επιλογή. Γι' αυτό τον λόγο, η σωστή επιλογή τους και κυρίως η σωστή διαστασιολόγησή τους, για να καλύψουν τις ανάγκες του λιμένα είναι καίριας σημασίας ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Τέλος, η εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης με μπαταρίες πέρα από την επιθυμητή αυτονομία θα προσθέσει και αξιοπιστία στο έργο και κατ' επέκταση στην λειτουργία του λιμένα.

Πίνακας 18. Χαρακτηριστικά μπαταριών που χρησιμοποιήθηκαν

	Μπαταρίες					
	Sunlight OPzS 1905	Sunlight OPzS 4620	Sunlight OPzV 4245	Sunlight OPzV 1875	Gildemeister cellcube FB 250-1000	Gildemeister cellcube FB 30-100
Ονομαστική Χωρητικότητα(Ah)	1.615	4.015	3.760	1.620	1.771	2.083
Ονομαστική τάση(V)	2	2	2	2	700	48
Διάρκεια ζωής(yr)	20	20	20	20	25	20
Ισχύς(W)	3.230	8.030	7.520	3.240	1.240.000	100.000
Κόστος τεμαχίου(€)	549,84	1.313,45	1.561,65	648,20	247.600	20.000
Κόστος ενέργειας(€/kWh)	170,2	163,6	207,7	200,1	199,68	200
Λειτουργία και διαχείριση(€/yr)	20	20	20	20	1.000	100

Πίνακας 19. Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πάνελ

Φωτοβολταϊκό Πάνελ LR4-60HPH			
Ισχύς(W)		310	
Απόδοση(%)		20,9	
Υποβάθμιση(%)	1 ^ο έτος <2% - 2 ^ο έως 25 ^ο έτος 0,55%		
Επιφάνεια(m ³)		1,755*1,038*0,035	
Θερμοκρασία λειτουργίας(°C)		45 ⁻ ₊₂	
Διάρκεια ζωής(yr)		25	
Κόστος	Ποσότητα	Κόστος (€)	Λειτουργία και διαχείριση(€/yr)
	1	1.400	10
	10	9.000	100
	50	40.000	500
	100	75.000	1.000
	500	350.000	5.000
	1.000	600.000	10.000

Πίνακας 20. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιήθηκε

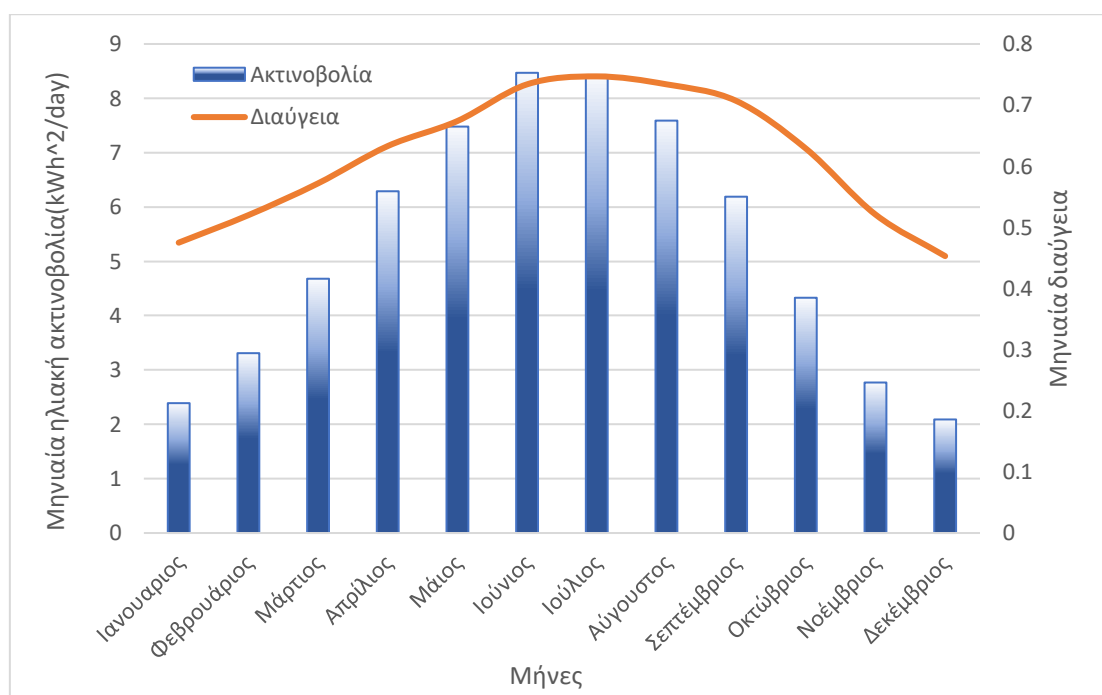
Ανεμογεννήτρια Thetis EW16			
Ισχύς(kW)	50		
Ύψος(m)	22		
Διάρκεια ζωής(yr)	25		
Κόστος	Ποσότητα	Κόστος (€)	Λειτουργία και διαχείριση(€/yr)
	1	210.000	50
	5	750.000	40
	10	1.250.000	0
	20	2.000.000	0

Η σύνθεση των σεναρίων αυτών γίνεται από το παραπάνω φωτοβολταϊκό πάνελ LR4-60HPH με απόδοση 20,9% και ισχύ 310W ([πίνακας 4.9](#)) και την ανεμογεννήτρια Thetis EW16 με ισχύ 50kW ([πίνακας 4.10](#)). Παράλληλα, τα προτεινόμενα συστήματα αποθήκευσης αποτελούνται από έξι διαφορετικά είδη μπαταριών, την Sunlight OPzS 1905 χωρητικότητας 3.230Wh, την Sunlight OPzV1875 χωρητικότητας 3.240Wh, την Sunlight OPzV4245 χωρητικότητας 7.520Wh, την Sunlight OPzS 4620 χωρητικότητας 8.030Wh, την Gildemeister cellcube FB 30-

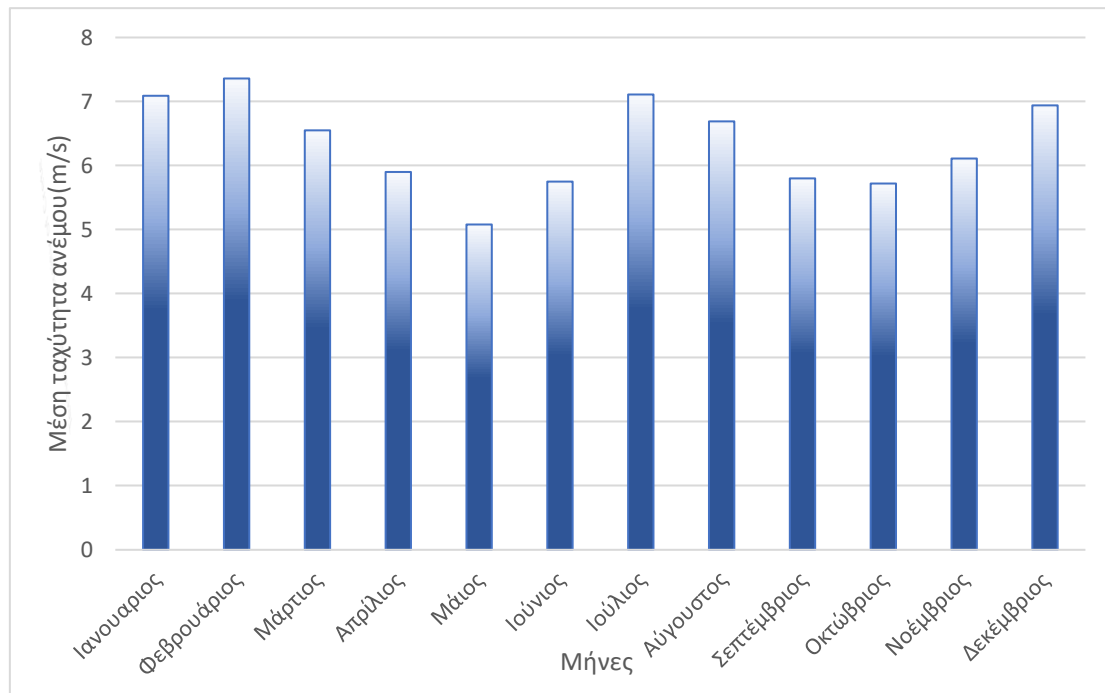
100 χωρητικότητας 100kWh και τέλος, την Gildemeister cellcube FB 250-1000 με 1240kWh χωρητικότητα, για την σύνθεση των σεναρίων αυτονομίας 24 και 48 ωρών ([πίνακας 4.8](#)).

4.6.2 : Κλιματικές παράμετροι

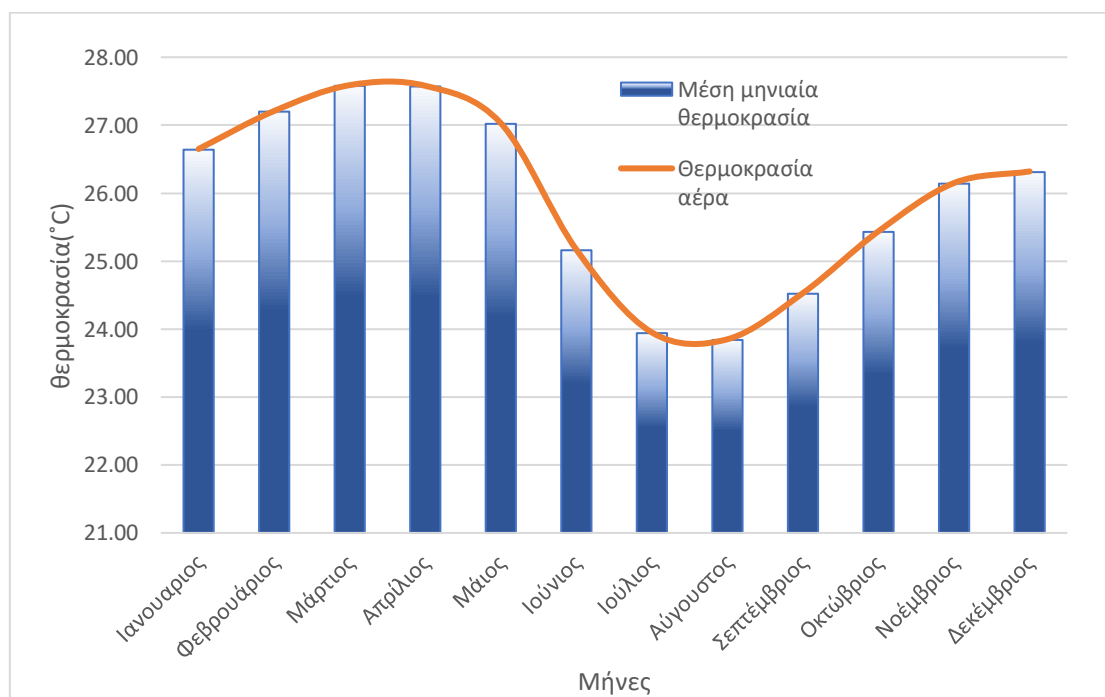
Τα συστήματα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές εξαρτώνται άρρηκτα από τις κλιματικές συνθήκες. Η ηλιοφάνεια επηρεάζει θετικά την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού ενώ η αυξημένη θερμοκρασία, η ρύπανση του αέρα και η σκόνη επιδρούν αρνητικά σε αυτήν. Αντίστοιχα, για μια ανεμογεννήτρια ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει άμεσα την απόδοσή της είναι η συχνότητα και η δύναμη του ανέμου. Η μη περιοδικότητα των συνθηκών αυτών, καθιστά τις ΑΠΕ αναξιόπιστες για την αδιάκοπη παραγωγή ενέργειας και τα συστήματα αποθήκευσης απαραίτητα.



Εικόνα 51. Μηνιαία διακύμανση ηλιακής ακτινοβολίας και διαύγειας



Εικόνα 52. Μηνιαία διακύμανση ταχύτητας ανέμου



Εικόνα 53. Μηνιαία διακύμανση μέσης θερμοκρασίας και θερμοκρασίας αέρα

4.6.3 : Σενάρια HOMER

Για την υλοποίηση των σεναρίων αυτών χρησιμοποιήθηκαν ένα είδος φωτοβολταϊκού και ανεμογεννήτριας, ενώ για το σύστημα αποθήκευσης, έξι διαφορετικά είδη μπαταριών. Κάθε σενάριο που παρατίθεται παρακάτω θεωρείται βιώσιμο δηλαδή τα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας λειτουργούν πιο αποτελεσματικά. Επιπλέον, οι πιο σημαντικές παράμετροι όπως ο χρόνος αποπληρωμής, το ποσοστό άμεσης κάλυψης των αναγκών από ανανεώσιμες, οι πωλήσεις-αγορές με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης, η καθαρή παρούσα αξία, το ισοδύναμο κόστος της ενέργειας, το ετήσιο κόστος λειτουργίας και το CO_{2eq} είναι μέσα σε όρια που καθιστούν το εκάστοτε σενάριο ελκυστικό και ικανό προς επίτευξη.

Πιο αναλυτικά, τα σενάρια που παρατίθενται παρακάτω είναι για 0, 24 και 48 ώρες αυτονομίας με την περίσσεια ενέργεια που παράγεται και δεν αποθηκεύεται να παραχωρείται στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης χωρίς χρέωση, ενώ η αγορά από αυτό να γίνεται στην τιμή των 0,140€/kWh όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο. Επιπλέον, επιλέχθηκε το σενάριο με το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης από ανανεώσιμες πηγές για τις κατηγορίες των 24 και 48 ωρών αυτονομίας και προστέθηκε η πώληση της περίσσειας ενέργειας που θα δίνονταν χωρίς χρέωση στην τιμή των 0,06€/kWh. Αυτή η παραλλαγή πραγματοποιήθηκε για να μελετηθεί η επίδραση που θα είχε στην συνολική απόδοση των σεναρίων αυτών μια τέτοια αλλαγή, καθώς ένα σενάριο σαν και αυτό είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Η χρέωση της ενέργειας που μελετάται είναι ενδεικτική, διότι υπάρχουν πολλές τιμές που μπορούν να προταθούν για να γίνει η μελέτη της συμπεριφοράς των σεναρίων αυτών.

Σενάρια τρέχουσας κατάστασης εξωτερικού φωτισμού λιμένα

Παρακάτω παρατίθενται και αναλύονται τα βιώσιμα σενάρια για την τρέχουσα κατάσταση του λιμανιού που προέκυψαν από το HOMER. Τα σενάρια αναλύουν αυτονομία 0, 24 και 48 ωρών, συνδυάζοντας τα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας που προαναφέρθηκαν όπου αυτό είναι απαραίτητο.

Πίνακας 21. Περιεχόμενα σεναρίων τρέχουσας κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	Ηλεκτρικό δίκτυο	Φ/Β	Α/Γ	Αρχική κατάσταση φόρτισης 100%					
					Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 10%		Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 50%			
					FB 250	FB 30	OPzS 1905	OPzS 4620	OPzV 4245	OPzV 1875
0	0	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
1	0	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
2	0	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
3	0	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
4	24	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗

5	24	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
6	24	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
7	24	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
8	24	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
9	24	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
10	24	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
11	24	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
12	24	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
13	24	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓
14	24	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
15	24	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗
16	24+πώληση ενέργειας	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
17	48	✓	✓	✗	✓	✗		✗		
18	48	✓	✓	✓	✓	✗		✗		
19	48	✓	✓	✗	✗	✓	-	✗	-	-
20	48	✓	✓	✓	✗	✓		✗		
21	48	✓	✓	✗	✗	✗		✓		
22	48+πώληση ενέργειας	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗

Πίνακας 22. Χαρακτηριστικά σεναρίων τρέχουσας κατάστασης

Σενάριο	Αυτονομία(h)	ΧΑ (yr)	Καθαρές αγορές δικτύου (kWh/yr)	Άμεση κάλυψη από ανανεώσιμες (%)	NPC (Μ€)	LCOE (€)	ΚΑ (€/yr)	CO _{2eq} (kg/yr)
0	0	-	2.675.318	0	4,80	0,1400	375.544,50	5.985.002,05
1	0	2,71	-1.277,00	60,00	1,19	0,0207	17.383,40	-2.856,80
2	0	3,21	-51.212,00	61,50	1,37	0,0238	16.820,86	-114.567,29
3	0	5,14	-65.448,00	71,20	1,93	0,0387	0,00	-146.414,90
4	24	8,36	1.553,00	88,40	3,26	0,0833	28.131,83	3.474,24
5	24	8,81	-19.321,00	89,30	3,41	0,8750	27.247,59	-43.223,36
6	24	8,32	296,00	87,90	3,48	0,0886	48.291,83	662,19
7	24	8,78	-27.698,00	89,00	3,64	0,0926	47.411,87	-61.963,69
8	24	13,13	-98,00	88,50	5,24	0,1342	135.614,60	-219,24
9	24	13,76	-41.204,00	89,70	5,41	0,1383	134.982,50	-92.178,21
10	24	10,60	-314,00	88,60	4,43	0,1135	80.289,15	-702,46
11	24	11,13	-41.204,00	89,70	4,60	0,1176	79.655,55	-92.178,21
12	24	14,77	-97,00	88,50	5,74	0,1470	140.156,40	-217,00
13	24	15,35	-13.374,00	89,50	5,90	0,1590	139.342,00	-29.919,22
14	24	12,73	-314,00	88,60	5,21	0,1332	89.778,77	-702,46

15	24	13,26	-41.204,00	89,70	5,37	0,1373	89.145,18	-92.178,21
16	24+πώληση ενέργειας	8,07	-148.958,0	62,60	3,11	0,0531	15.124,59	-333.236,62
17		14,69	278,00	89,70	5,44	0,1410	35.062,39	621,92
18	48	15,12	1.604,00	90,40	5,58	0,1460	34.225,03	3.588,34
19	48	14,41	-1.043,00	89,40	5,84	0,1510	77.768,24	-2.333,31
20	48	14,82	-362,00	90,10	5,89	0,1559	76.712,05	-809,84
21	48	24,98	508,00	90,20	7,64	0,1994	142.796,10	1.136,46
22	48+πώληση ενέργειας	13,97	-241.464,00	63,40	5,21	0,0876	16.600,19	-540.183,46

Συνολικά εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν 23 βιώσιμα σενάρια ([πίνακας 4.11](#)) για την τρέχουσα κατάσταση του λιμανιού. Χωρίζονται σε σενάρια αυτονομίας 0, 24 και 48 ωρών με 4, 13 και 6 αντίστοιχα με το σενάριο 0 να αντιπροσωπεύει την τρέχουσα ενεργειακή κατάσταση του λιμένα χωρίς καμία παρέμβαση. Παρατηρούμε ότι όλες οι μπαταρίες είναι παρούσες στα σενάρια αυτονομίας της μιας μέρας, ενώ αντίθετα οι OPzS 1905, OPzV 4245 και οι OPzV1875 απουσιάζουν από αυτά που παρέχουν αυτονομία δύο ημερών, επειδή τα χαρακτηριστικά των σεναρίων που αντιπροσώπευαν είναι εκτός ορίων.

Από τις παραπάνω τέσσερις κατηγορίες σεναρίων της τρέχουσας κατάστασης αυτή που θεωρείται η πιο ισορροπημένη σε όλα τα χαρακτηριστικά της είναι εκείνη που παρέχει 24 ώρες αυτονομίας στον λιμένα. Η επιλογή αυτή έγινε, διότι η άμεση κάλυψη των αναγκών από ανανεώσιμες πηγές που παρέχει η κατηγορία αυτή φτάνει πολύ κοντά στο μέγιστο διαθέσιμο που είναι η κατηγορία αυτονομίας των δύο ημερών. Ταυτόχρονα, η ευελιξία που προσφέρεται με τις 24 ώρες αυτονομίας είναι παραπάνω από επαρκής, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες της λειτουργίας του λιμένα αδιάκοπα όλον τον χρόνο. Παράλληλα, ο χρόνος αποπληρωμής, η καθαρή παρούσα αξία, το ισοδύναμο κόστος της ενέργειας και το κόστος λειτουργίας του έργου καθιστούν την κατηγορία αυτή ελκυστικότερη επενδυτικά από τις υπόλοιπες. Τέλος, οι εκπομπές του ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα στην κατηγορία αυτή είναι οι χαμηλότερες δυνατές και εξυπηρετούν τον απώτερο σκοπό που είναι η μείωση του ενεργειακού και οικολογικού αποτυπώματος του λιμένα.

Σενάρια αναβαθμισμένης κατάστασης εξωτερικού φωτισμού λιμένα

Πίνακας 23. Περιεχόμενα σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	Ηλεκτρικό δίκτυο	Φ/B	Α/Γ	Αρχική κατάσταση φόρτισης 100%					
					Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 10%		Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 50%			
					FB 250	FB 30	OPzS 1905	OPzS 4620	OPzV 4245	OPzV 1875
23	0	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
24	0	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
25	0	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
26	0	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
27	24	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
28	24	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
29	24	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
30	24	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
31	24	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
32	24	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
33	24	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
34	24	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
35	24	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
36	24	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓
37	24	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
38	24	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗
39	24+πώληση ενέργειας	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
40	48	✓	✓	✗	✓	✗	-	-	-	-
41	48	✓	✓	✓	✓	✗				
42	48	✓	✓	✗	✗	✓				
43	48	✓	✓	✓	✗	✓				
44	48+πώληση ενέργειας	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗

Πίνακας 24. Χαρακτηριστικά σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης

Σενάριο	Αυτονομία (h)	ΧΑ (yr)	Καθαρές αγορές δικτύου (kWh/yr)	Άμεση κάλυψη από ανανεώσιμες (%)	NPC (Μ€)	LCOE (€)	ΚΛ (€/yr)	CO _{2eq} (kg/yr)
23	0	-	1.793.550	0	3,30	0,1400	251.096,90	4.012.382,99
24	0	2,79	-6.016,00	65,10	0,816948	0,0229	11.393,26	-13.458,50
25	0	3,57	-82.094,00	67,90	1,00	0,0280	10.987,53	-183.653,97
26	0	5,63	16.823,00	72,30	1,43	0,0450	2.355,20	37.635,04
27	24	8,65	-18.464,00	90,60	2,25	0,0870	18.398,21	-41.306,15
28	24	9,28	-14.670,00	91,60	2,39	0,0938	17.354,46	-32.818,52
29	24	8,21	-11.885,00	90,00	2,31	0,0889	31.375,79	-26.588,15
30	24	8,98	-92.110,00	92,30	2,48	0,0940	30.878,92	-206.060,94
31	24	13,23	-13.465,00	90,50	3,53	0,1368	90.716,38	-30.122,79
32	24	14,15	-48.491,00	92,20	3,70	0,1432	90.037,22	-108.480,09
33	24	10,67	-13.464,00	90,50	2,98	0,1155	53.484,12	-30.120,56
34	24	11,44	-48.490,00	92,20	3,15	0,1219	52.804,95	-108.477,85
35	24	14,86	-13.523,00	90,40	3,86	0,1496	93.675,50	-30.252,55
36	24	15,77	-48.521,00	92,20	4,03	0,1560	92.996,34	-108.547,20
37	24	12,80	-13.523,00	90,40	3,50	0,1356	59.885,24	-30.252,55
38	24	13,57	-48.521,00	92,20	3,67	0,1420	59.206,07	-108.547,20
39	24+πώληση ενέργειας	8,06	-442.504,0	75,40	2,14	0,0536	4.329,10	-989.933,66
40	48	13,14	-12.917,00	91,70	3,29	0,1292	22.325,09	-28.896,85
41	48	13,75	-9.634,00	92,70	3,43	0,1366	21.281,34	-21.552,39
42	48	13,28	-1.307	91,30	3,63	0,1429	48.715,10	2.923,91
43	48	14,06	-80.309,00	93,70	3,81	0,1473	48.218,23	-179.660,71
44	48+πώληση ενέργειας	24,99	-91.883,00	68,00	5,23	0,1458	89.111,91	-205.553,11

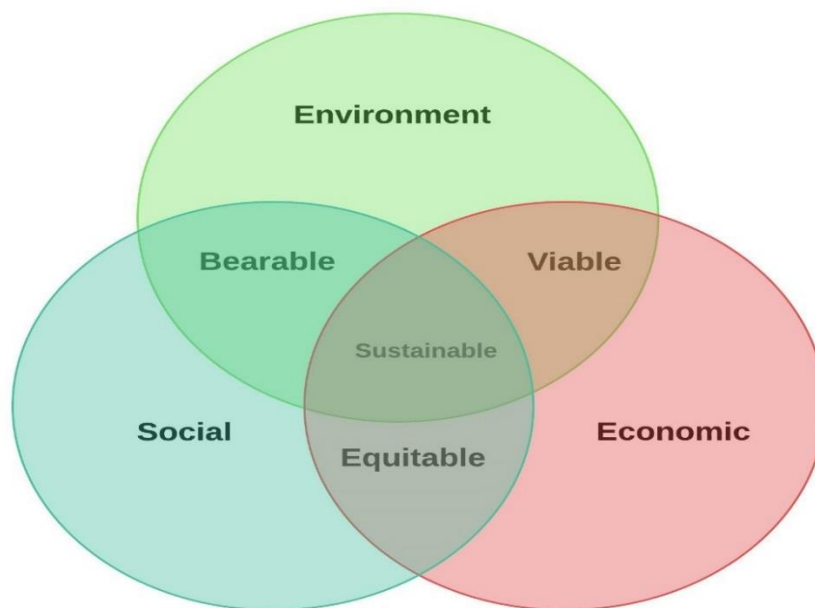
Συνολικά εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν 22 βιώσιμα σενάρια ([πίνακας 4.13](#)) που επιτυγχάνουν την επιθυμητή αυτονομία που ζητήθηκε μετά τη φωτοτεχνική αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού του λιμένα. Χωρίζονται σε σενάρια αυτονομίας 0, 24 και 48 ωρών με 3, 13 και 5 αντίστοιχα με το σενάριο 23 να αντιπροσωπεύει τον λιμένα μετά την φωτοενεργειακή μελέτη χωρίς την διαστασιολόγηση συστημάτων ΑΠΕ ή αποθήκευσης ενέργειας. Παρατηρούμε ότι όλες οι μπαταρίες είναι παρούσες στα σενάρια αυτονομίας της μιας μέρας, ενώ αντίθετα οι OPzS 1905, OPzV 4245, OPzS 4620 και οι OPzV1875 απουσιάζουν από αυτά με αυτονομία δύο ημερών, επειδή τα χαρακτηριστικά των σεναρίων που αντιπροσώπευαν είναι εκτός ορίων καθιστώντας τα μη βιώσιμα.

Από τις παραπάνω κατηγορίες των σεναρίων μετά την αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού του λιμένα αυτή που θεωρείται η πιο ισορροπημένη σε όλες τις παραμέτρους της είναι εκείνη που παρέχει 24 ώρες αυτονομίας στον λιμένα. Η συγκεκριμένη κατηγορία επιλέχτηκε, διότι η άμεση κάλυψη των αναγκών από ανανεώσιμες πηγές κυμαίνεται κοντά στον μέγιστο διαθέσιμο που είναι η κατηγορία αυτονομίας των δύο ημερών. Ταυτόχρονα, η ευελιξία που προσφέρεται με τις 24 ώρες αυτονομίας στην λειτουργία του λιμένα είναι παραπάνω από επαρκής, ώστε να

καλύψει τις ανάγκες του αδιάκοπα όλον τον χρόνο. Παράλληλα, ο χρόνος αποπληρωμής, η καθαρή παρούσα αξία, το κόστος της ενέργειας και το κόστος λειτουργίας του έργου καθιστούν το σενάριο αυτό πιο δελεαστικό από τα υπόλοιπα. Τέλος, οι εκπομπές του ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα όχι μόνο είναι μηδενικές αλλά εξοικονομούν σημαντικές ποσότητες κατά την διάρκεια του έτους.

Κριτήρια βέλτιστων σεναρίων τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης εξωτερικού φωτισμού λιμένα

Κάθε ένα από τα παραπάνω μελετηθέντα σενάρια είναι ικανό να αποφέρει αποτελέσματα που να πετυχαίνουν τους στόχους που έχουν τεθεί. Παρόλα αυτά, ένα έργο τέτοιου βεληνεκούς έχει επίδραση σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς και για να θεωρηθεί απόλυτα επιτυχημένο θα πρέπει να τους ικανοποιεί όλους στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό και με την μεγαλύτερη δυνατή ισορροπία. Αυτοί οι τομείς είναι η κοινωνία, η οικονομία και το περιβάλλον γνωστοί και ως πυλώνες της βιωσιμότητας(Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή: Αρχές Αειφορίας, n.d.).



Εικόνα 54: Πυλώνες βιωσιμότητας

Το παραπάνω σχήμα ([εικόνα 4.24](#)) απεικονίζει τους τρεις προαναφερθέντες πυλώνες της βιωσιμότητας καθώς και τα αποτελέσματα που αποφέρει ο συνδυασμός δύο εκ των τριών, με το βέλτιστο να παρουσιάζεται στον συνδυασμό και των τριών τους.

- Ο πρώτος από αυτούς παράγοντες είναι το περιβάλλον, με αυτό που αντιπροσωπεύει να είναι η κατανάλωση των φυσικών πόρων με σύνεση ώστε να ανανεώνονται σε λογικά χρονικά διαστήματα για να χρησιμοποιηθούν από τις επόμενες γενεές. Ακόμα και αν είναι πόροι που δεν είναι δυνατή η ανανέωση τους όπως ορυκτά, θα πρέπει να γίνει προσεκτική διαχείριση τους προκειμένου να διατηρηθούν όσον το δυνατό γίνεται περισσότερο.

Επιπλέον αναπόσπαστο κομμάτι οφείλει να είναι η πρόληψη, η μείωση της ρύπανσης και προώθηση πολιτικών και νομοθεσιών που να προστατεύουν το περιβάλλον.

- Ο δεύτερος πυλώνας είναι η κοινωνία, με τον σκοπό της να είναι να διατηρηθεί ή να επιτευχθεί το βιοτικό επίπεδο μαζί με τις αρχές που οφείλει να έχει κάθε χώρα τον 21^ο αιώνα, καθώς και τα μέτρα που θα το πετύχουν αυτό να έχουν την πλείστη κοινωνική αποδοχή.
- Ο τελευταίος και ίσως αυτός που δίνεται μεγαλύτερη προσοχή στις μέρες μας είναι αυτός της οικονομίας. Προκειμένου μια χώρα να ευημερήσει και να πετύχει τους στόχους της πρέπει να έχει μια ανταγωνιστική οικονομία αλλά κυρίως βιώσιμη, ώστε να αντέξει στον χρόνο.

Για κάθε έναν από τους τομείς αυτούς έχουν οριστεί και επιλεγεί κάποιες παράμετροι ορισμένες σχετικές μόνο με έργα της ίδιας κατηγορίας που μελετήθηκαν για να αξιολογηθεί ο βαθμός επίδρασης που έχουν στους προαναφερθέντες πυλώνες. Αυτό έγινε με σκοπό να επιλεγεί ένα βέλτιστο σενάριο σε κάθε μια από τις κατηγορίες αυτονομίας των 24 και 48 ωρών που να στοχεύει αποκλειστικά και μόνο σε κάθε έναν από τους τρεις αυτούς τομείς. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα επιλογής ενός στοχευμένου σεναρίου που να ικανοποιεί στον μέγιστο βαθμό τον επιλεγμένο πυλώνα αγνοώντας παντελώς τους άλλους δύο, καθώς και τις συνέπειες που θα επιφέρει σε αυτούς. Ταυτόχρονα, λαμβάνοντας υπόψιν την βαρύτητα της κάθε παραμέτρου και τις επιπτώσεις της επιλέχθηκε το πιο ισορροπημένο σενάριο ως προς τους τρεις αυτούς πυλώνες για κάθε μια από τις δύο προαναφερθείσες κατηγορίες αυτονομίας. Το σενάριο αυτό θεωρήθηκε το βέλτιστο στην κατηγορία του και το πιο πλήρες, ώστε να ικανοποιήσει όλες τις απαιτήσεις στον μέγιστο βαθμό.

Πίνακας 25. Παράμετροι πυλώνων βιωσιμότητας

Πυλώνες βιωσιμότητας	Παράμετροι	Αποτέλεσμα
Οικονομία	Χαμηλή τιμή NPC.	Ο συνδυασμός των παραμέτρων αυτών καθιστά την επένδυση κερδοφόρα, άρα και πιο δελεαστική στους υποψήφιους επενδυτές.
	Χαμηλή τιμή LCOE.	
	Υψηλή απόδοση με αποτέλεσμα λιγότερη εξάρτηση από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης.	
Περιβάλλον	Χαμηλές εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα.	Με την προσθήκη των ΑΠΕ θα αυξηθεί η συνολική κάλυψη του νησιού από τις ανανεώσιμες πηγές, ενώ ταυτόχρονα θα μειωθούν και οι εκλυόμενοι ρύποι.

	Μεγάλο ποσοστό κάλυψης των αναγκών από ΑΠΕ.	
Κοινωνία	Χαμηλές εκπομπές CO _{2eq} για καλύτερη ποιότητα ζωής στην περιοχή γύρω από το εργοστάσιο παραγωγής.	Συνδυάζοντας τις παραμέτρους αυτές η ποιότητα ζωής στην περιοχή γύρω από το εργοστάσιο παραγωγής αυξάνεται. Παράλληλα, ελαφρύνεται το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο από τις μεταφορές με αποτέλεσμα την παραχώρηση περισσότερης ενέργειας στους καταναλωτές -όταν κριθεί απαραίτητο- με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Τέλος, ένα φιλικό προς το περιβάλλον έργο θα κάνει το λιμάνι να προτιμηθεί περισσότερο από τα άλλα του νησιού αυξάνοντας έτσι την κίνηση από και προς σε αυτό.
	Χαμηλές αγορές από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης.	
Βέλτιστο	Χαμηλή τιμή NPC.	Αυτές είναι οι σημαντικότερες παράμετροι με την μεγαλύτερη βαρύτητα από τους τρεις πυλώνες. Γι' αυτό τον λόγο, η ισορροπία μεταξύ τους είναι απαραίτητη προκειμένου να βρεθεί το σενάριο αυτό που θα θεωρηθεί βέλτιστο, για να προταθεί για επίτευξη.
	Χαμηλή τιμή LCOE.	
	Χαμηλές εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα.	
	Χαμηλές αγορές από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης.	
	Αυτονομία του λιμένα για μεγαλύτερη αξιοπιστία.	

Σενάρια πυλώνων βιωσιμότητας

Από την πληθώρα των παραπάνω σεναρίων επιλέχθηκε ένα βέλτιστο για κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες, την κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον τόσο για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα όσο και για αυτήν μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού του. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η επιλογή της εξειδίκευσης ενός σεναρίου σε έναν τομέα στην περίπτωση που μια τέτοια λύση θεωρηθεί απαραίτητη.

Τρέχουσα κατάσταση εξωτερικού φωτισμού

Πίνακας 26. Περιεχόμενα σεναρίων πυλώνων βιωσιμότητας τρέχουσας κατάστασης

Αρχική κατάσταση φόρτισης 100%											
Σενάριο	Αυτονομία (h)	Πυλώνας Βιωσιμότητας	Ηλεκτρικό δίκτυο	Φ/Β	Α/Γ	Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 10%		Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 50%			
						FB 250	FB 30	OPzS 1905	OPzS 4620	OPzV 4245	OPzV 1875
1	0	Οικονομία	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
3	0	Κοινωνία & Περιβάλλον	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
4	24	Οικονομία	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗

11	24	Κοινωνία & Περιβάλλον	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
17	48	Οικονομία	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
19	48	Κοινωνία & Περιβάλλον	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗

Πίνακας 27. Χαρακτηριστικά σεναρίων πυλώνων τρέχουσας κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	Πυλώνας Βιωσιμότητας	ΧΑ (yr)	Καθαρές αγορές δικτύου (kWh/yr)	Άμεση κάλυψη από ανανεώσιμες (%)	NPC (Μ€)	LCOE (€)	ΚΑ (€/yr)	CO _{2eq} (kg/yr)
1	0	Οικονομία	2,71	-1.277,00	60,00	1,19	0,0207	17.383,40	-2.856,80
3	0	Κοινωνία & Περιβάλλον	5,14	-65.448,00	71,20	1,93	0,0387	0,00	-146.414,90
4	24	Οικονομία	8,36	1.553,00	88,40	3,26	0,0833	28.131,83	3.474,24
11	24	Κοινωνία & Περιβάλλον	11,13	-41.204,00	89,70	4,60	0,1176	79.655,55	-92.178,21
17	48	Οικονομία	14,69	278,00	89,70	5,44	0,1410	35.062,39	621,92
19	48	Κοινωνία & Περιβάλλον	14,41	-1.043,00	89,40	5,84	0,1510	77.768,24	-2.333,31

Αναβαθμισμένη κατάσταση εξωτερικού φωτισμού

Πίνακας 28. Περιεχόμενα σεναρίων πυλώνων βιωσιμότητας αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	Πυλώνας Βιωσιμότητας	Ηλεκτρικό δίκτυο	Φ/B	Α/Γ	Αρχική κατάσταση φόρτισης 100%					
						Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 10%		Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 50%			
						FB 250	FB 30	OPzS 1905	OPzS 4620	OPzV 4245	OPzV 1875
24	0	Οικονομία	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
25	0	Κοινωνία & Περιβάλλον	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
27	24	Οικονομία	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
30	24	Κοινωνία & Περιβάλλον	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
41	48	Οικονομία	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
43	48	Κοινωνία & Περιβάλλον	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗

Πίνακας 29. Χαρακτηριστικά σεναρίων πυλώνων βιωσιμότητας αναβαθμισμένης κατάστασης

Σενάριο	Αυτονομία (h)	Πυλώνας Βιωσιμότητας	ΧΑ (yr)	Καθαρές αγορές δικτύου (kWh/yr)	Άμεση κάλυψη από ανανεώσιμες (%)	NPC (Μ€)	LCOE (€)	ΚΑ (€/yr)	CO _{2eq} (kg/yr)
24	0	Οικονομία	2,79	-6.016,00	65,10	0,816949	0,0229	11.393,26	-13.458,50
25	0	Κοινωνία & Περιβάλλον	3,57	-82.094,00	67,90	1,00	0,0280	10.987,53	-183.653,97
27	24	Οικονομία	8,65	-18.464,00	90,60	2,25	0,0870	18.398,21	-41.306,15
30	24	Κοινωνία & Περιβάλλον	8,98	-92.110,00	92,30	2,48	0,0940	30.878,92	-206.060,94
41	48	Οικονομία	13,14	-12.917,00	91,70	3,29	0,1292	22.325,09	-28.896,85
43	48	Κοινωνία & Περιβάλλον	14,06	-80.309,00	93,70	3,81	0,1473	48.218,23	-179.660,71

Από το σύνολο των 45 παραπάνω σεναρίων επιλέχθηκε ένα, που ικανοποιεί καθένα από τους τρεις πυλώνες που προαναφέρθηκαν, τόσο για την τωρινή [\(πίνακας 4.15\)](#) όσο και για την αναβαθμισμένη κατάσταση [\(πίνακας 4.17\)](#). Υπάρχουν συνολικά 12 σεσάρια ικανά να καλύψουν τις απαιτήσεις στον μέγιστο δυνατό βαθμό για αυτονομία 0, 24 και 48 ωρών. Παράλληλα, ορισμένα από αυτά τα σεσάρια ικανοποιούν πολλαπλούς πυλώνες καθιστώντας τα πιο δελεαστικά προς επιλογή.

Επιλογή βέλτιστου σεναρίου

Από το σύνολο των αρχικών σεναρίων επιλέχθηκε ένα για τις κατηγορίες αυτονομίας της μιας ημέρας (24 ώρες) και των δύο ημερών (48 ώρες) το οποίο ικανοποιεί τους τρεις προαναφερθέντες πυλώνες στον μέγιστο βαθμό. Από τις παραπάνω κατηγορίες αποκλείστηκαν αυτές χωρίς αυτονομία, διότι ο σκοπός αυτής της ερευνητικής εργασίας είναι η πλήρης ανεξαρτησία του λιμένα από τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας και η μείωση του οικολογικού αποτυπώματος του, ενώ τα σεσάρια αυτά λόγω της απουσίας συστημάτων αποθήκευσης έχουν πολύ χαμηλότερες αποδόσεις και κατ' επέκταση μεγαλύτερη εξάρτηση από το κεντρικό δίκτυο [\(πίνακας 4.19\)](#) [\(πίνακας 4.21\)](#).

Τρέχουσα κατάσταση εξωτερικού φωτισμού

Πίνακας 30. Περιεχόμενα βέλτιστων σεναρίων τρέχουσας κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	Ηλεκτρικό δίκτυο	Φ/Β	Α/Γ	Αρχική κατάσταση φόρτισης 100%					
					Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 10%		Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 50%			
					FB 250	FB 30	OPzS 1905	OPzS 4620	OPzV 4245	OPzV 1875
7	24	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
18	48	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗

Πίνακας 31. Χαρακτηριστικά βέλτιστων σεναρίων τρέχουσας κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	ΧΑ (yr)	Καθαρές αγορές δικτύου (kWh/yr)	Άμεση κάλυψη από ανανεώσιμες (%)	NPC (Μ€)	LCOE (€)	ΚΑ (€/yr)	CO _{2eq} (kg/yr)
7	24	8,78	-27.698,00	89,00	3,64	0,0926	47.411,87	-61.963,69
18	48	15,12	1.604,00	90,40	5,58	0,1460	34.225,03	3.588,34

Αναβαθμισμένη κατάσταση εξωτερικού φωτισμού

Πίνακας 32. Περιεχόμενα βέλτιστων σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	Ηλεκτρικό δίκτυο	Φ/Β	Α/Γ	Αρχική κατάσταση φόρτισης 100%					
					Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 10%		Ελάχιστη κατάσταση φόρτισης 50%			
					FB 250	FB 30	OPzS 1905	OPzS 4620	OPzV 4245	OPzV 1875
30	24	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
41	48	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗

Πίνακας 33. Χαρακτηριστικά βέλτιστων σεναρίων αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

Σενάριο	Αυτονομία (h)	ΧΑ (yr)	Καθαρές αγορές δικτύου (kWh/yr)	Άμεση κάλυψη από ανανεώσιμες (%)	NPC (Μ€)	LCOE (€)	ΚΑ (€/yr)	CO _{2eq} (kg/yr)
30	24	8,98	-92.110,00	92,30	2,48	0,0940	30.878,92	-206.060,94
41	48	13,75	-9.634,00	92,70	3,43	0,1366	21.281,34	-21.552,39

Κεφάλαιο 5^ο: Αποτελέσματα Homer

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα βέλτιστα σενάρια που κρίθηκαν κατάλληλα για να προταθούν, ώστε να γίνει η ενεργειακή αναβάθμιση του λιμένος Ηρακλείου. Σκοπός είναι να εκσυγχρονιστεί, ώστε να μηδενιστεί το ενεργειακό αποτύπωμα του λαμβάνοντας υπόψιν τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό στο χρονικό διάστημα των 25 ετών που είναι ο χρόνος ζωής του έργου. Πιο συγκεκριμένα, το 7^ο και 30^ο σενάριο αναφέρονται σε αυτονομία μιας μέρας (24 ωρών) για την τρέχουσα και την αναβαθμισμένη κατάσταση αντίστοιχα. Το 18^ο και 41^ο σενάριο αναλύουν την τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση κατανάλωσης του λιμένα για αυτονομία δύο ημερών (48 ωρών). Ενώ το 16^ο το 39^ο και το 22^ο και 44^ο περιλαμβάνουν αυτονομία 24 και 48 ωρών αντίστοιχα και την πώληση της περίσσειας ενέργειας στο δίκτυο της πόλης στην τιμή των 0,06€/kWh ([πίνακας 5.1](#)). Για μεγαλύτερη κατανόηση του βαθμού της βελτίωσης από την τωρινή στην αναβαθμισμένη κατάσταση τα σενάρια θα αναλυθούν σε ζευγάρια.

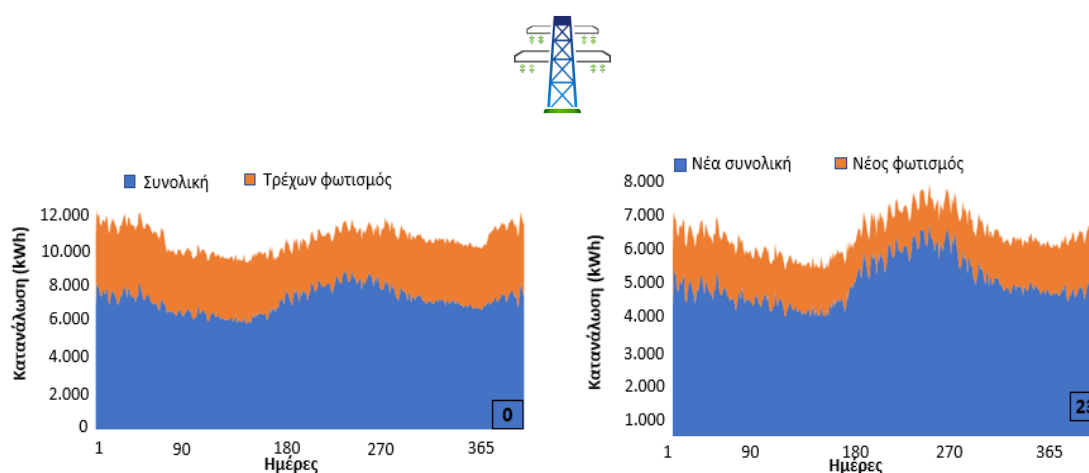
Πίνακας 34. Περίληψη αναλυθέντων σεναρίων τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

Σενάρια	Τρέχουσα κατάσταση	Πώληση περίσσειας ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης (0,06€/kWh)	Αυτονομία 24 ωρών	Αυτονομία 48 ωρών
0 ^ο	✓	✗	✗	✗
7 ^ο	✓	✗	✓	✗
16 ^ο	✓	✓	✓	✗
18 ^ο	✓	✗	✗	✓
22 ^ο	✓	✓	✗	✓
23 ^ο	✗	✗	✗	✗
30 ^ο	✗	✗	✓	✗
39 ^ο	✗	✓	✓	✗
41 ^ο	✗	✗	✗	✓
44 ^ο	✗	✓	✗	✓

5.1 : Ανάλυση σεναρίων

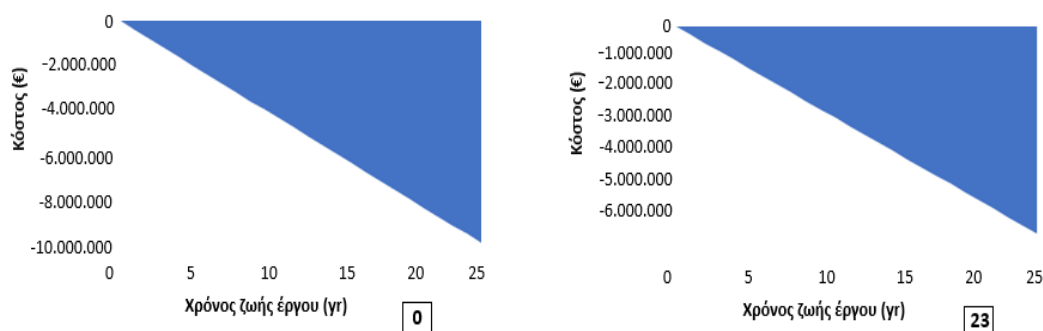
5.1.1 : Σενάριο αρχικής κατάστασης (Baseline)

Παρακάτω αναλύονται το 0^ο και το 23^ο σενάριο που αφορούν την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα, καθώς και αυτήν μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού του χωρίς την διαστασιολόγηση συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας. Η χρήση τους είναι ότι αποτελούν την βάση για την σύγκριση των αποτελεσμάτων των προτεινόμενων σεναρίων, για να διαπιστωθεί ο βαθμός της αποτελεσματικότητάς τους.



Εικόνα 55. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια

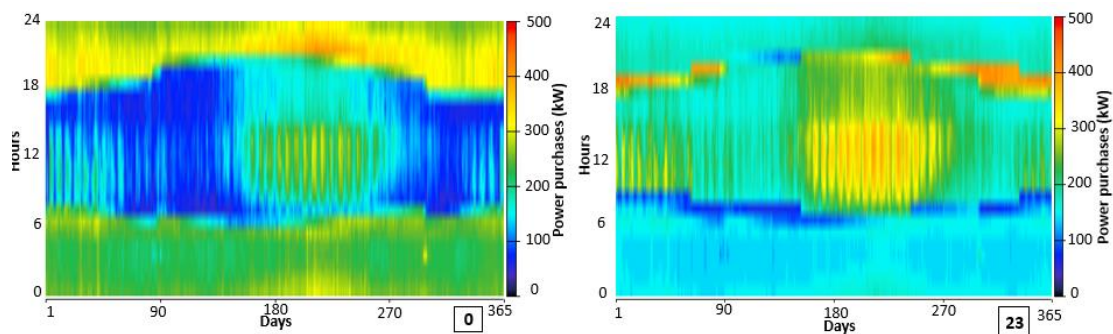
Μετά την εκ νέου διαστασιολόγηση των φωτιστικών, η καταναλισκόμενη ενέργεια μειώθηκε αισθητά όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα (εικόνα 5.1). Αυτή η μείωση έχει σημαντική επίδραση τόσο στα προτεινόμενα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας για κάθε περίπτωση, όσο και στην χρηματοοικονομική ανάλυση τους.



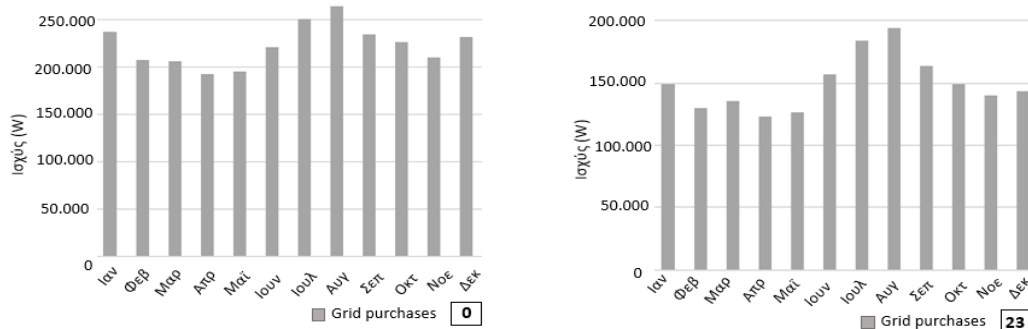
Εικόνα 56. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια

Τα σενάρια που αναλύονται δεν έχουν διαστασιολογημένα συστήματα ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας με αποτέλεσμα να προμηθεύονται την απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία του

λιμένα από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Στο βάθος χρόνου των 25 ετών που μελετώνται τα έργα αυτά, στο 0^ο σενάριο ο λιμένας απαιτεί 9.363.613,06€ σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση 6.277.423,45€ αντίστοιχα ([πίνακας 5.2](#)).



Εικόνα 57. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια

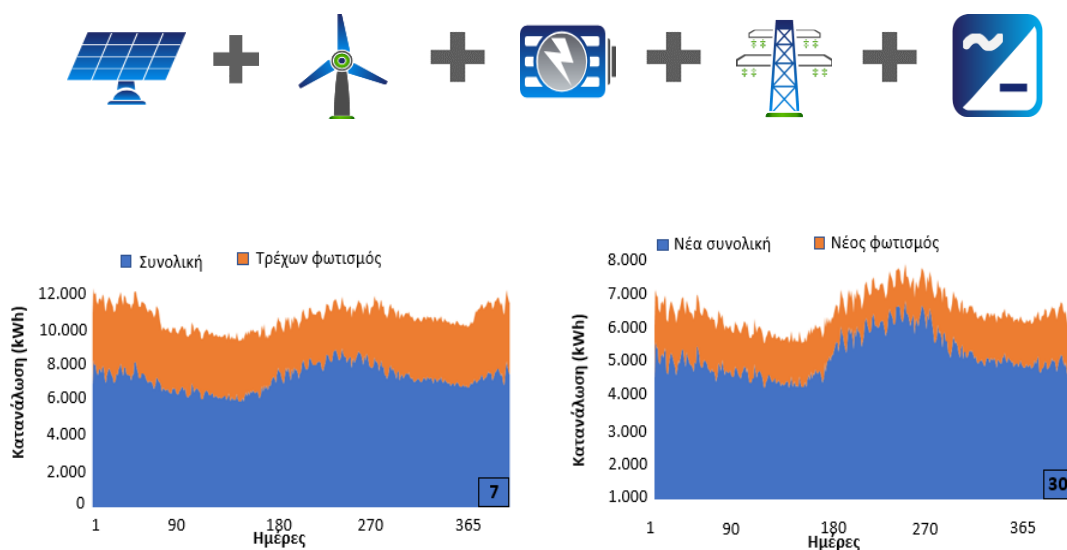


Εικόνα 58. Μηνιαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για Baseline σενάρια

Όπως προαναφέρθηκε ο λιμένας παραλαμβάνει την απαιτούμενη ενέργεια του από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης με τους καλοκαιρινούς μήνες να είναι οι πιο απαιτητικοί ([εικόνα 5.3](#)). Παράλληλα, η αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού του έχει αισθητή επίδραση όπως απεικονίζουν τα διαγράμματα ([εικόνα 5.4](#)).

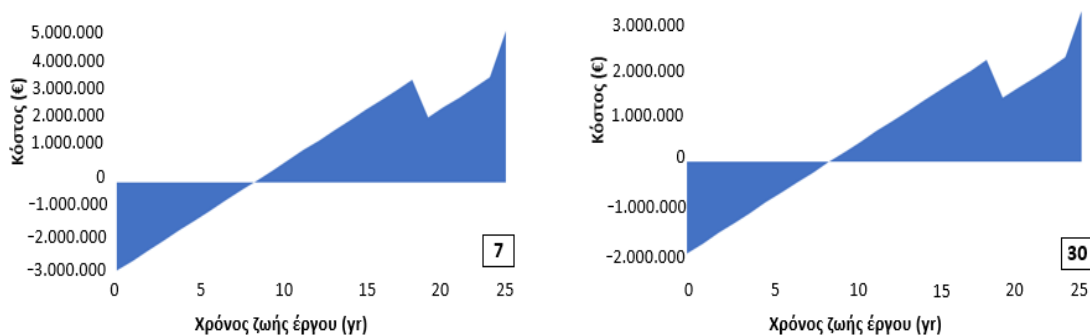
5.1.2 : Σενάρια αυτονομίας 24 ωρών

Παρακάτω παρατίθενται το 7^ο και το 30^ο σενάριο όπου αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα και έπειτα της φωτοτεχνικής αναβάθμισης του εξωτερικού φωτισμού του. Και στα δύο σενάρια έχουν διαστασιοποιηθεί φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες και συστήματα αποθήκευσης με μπαταρίες που είναι ικανά να παρέχουν αυτονομία και απρόσκοπτη λειτουργία για 24 ώρες. Παράλληλα, και στα δύο σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης για μεγαλύτερη αξιοπιστία.



Εικόνα 59. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας

Μετά την εκ νέου διαστασιολόγηση των φωτιστικών, η καταναλισκόμενη ενέργεια μειώθηκε αισθητά όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα (εικόνα 5.5). Αυτή η μείωση έχει σημαντική επίδραση τόσο στα προτεινόμενα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας για κάθε περίπτωση όσο και στην χρηματοοικονομική ανάλυση τους.



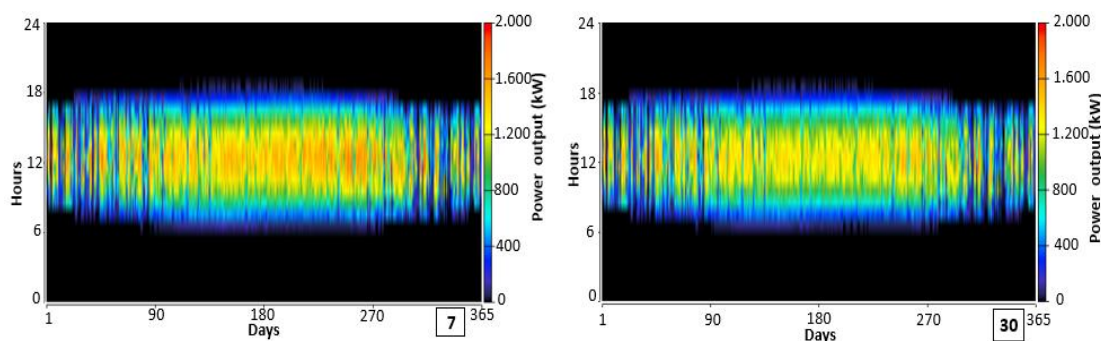
Εικόνα 60. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας

Τα σενάρια που αναλύονται έχουν αρχικό κόστος επένδυσης ύψους 3.025.521,83€ για το 7^ο σενάριο και 2.084.480,17€ για το 30^ο, με τον χρόνο αποπληρωμής να είναι στα 8,78 και 8,98 χρόνια αντίστοιχα. Στο πέρας του 25^{ου} έτους η εκάστοτε επένδυση θα έχει αποφέρει κέρδη που φτάνουν τα 5.184.080,14€ και 3.441.953,03€ αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πτώση της χρηματικής ροής στο 20^ο έτος και στις δύο περιπτώσεις οφείλεται στην αντικατάσταση των

συστημάτων αποθήκευσης, ενώ η απότομη αύξηση στο 25^ο έτος στην υπολειπόμενη αξία των συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας ([εικόνα 5.6](#)).

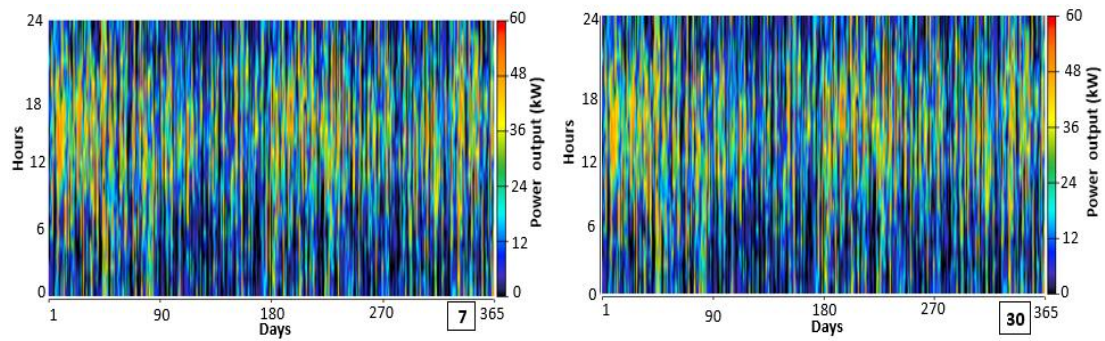
Πίνακας 35. Χαρακτηριστικά αναλυθέντων σεναρίων 24ωρης αυτονομίας

Σενάρια αυτονομίας 24 ωρών		
	7^ο	30^ο
ROI (%)	6,90	6,60
IRR (%)	9,90	9,60
Χρόνος αποπληρωμής (yr)	8,78	8,98
NPC (€)	3.638.438	2.483.668
Κόστος λειτουργίας (€/yr)	47.411,78	30.878,92
LCOE (€)	0,09264	0,09401
Ποσοστό άμεσης συμμετοχής ΑΠΕ στο σύστημα(%)	89,00	92,30
Παραγωγή Φ/Β στο σύστημα (%)	87,60	87,70
Παραγωγή Α/Γ στο σύστημα (%)	3,74	5,97
Συμμετοχή δικτύου της πόλης στην παραγωγή (%)	8,68	6,37
Αγορές από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης (kWh/yr)	335.064	158.079
Καθαρές αγορές από το δίκτυο (kWh/yr)	-27.968	-92.110
Ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα (kg/yr)	-61.963,69	-206.060,94



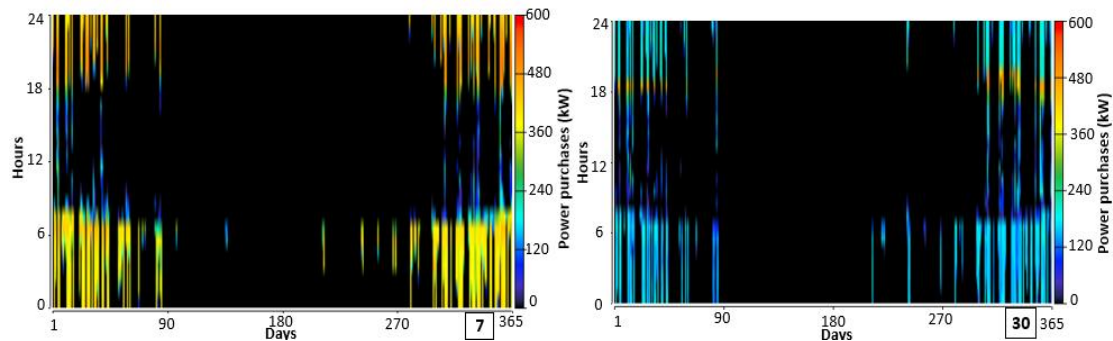
Εικόνα 61. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας

Για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα διαστασιολογήθηκαν 2.151 kW φωτοβολταϊκών τύπου LONGi Solar LR4-60HPH που αντιστοιχούν σε 6.939 πάνελ καλύπτοντας μια περιοχή της τάξεως των 12.641m², ενώ μετά τη φωτοτεχνική αναβάθμιση των εξωτερικών χώρων του λιμένα χρειάζονται 1.349 kW των ίδιων φωτοβολταϊκών που μεταφράζονται σε 4.352 πάνελ καλύπτοντας 7.928m². Σε ετήσια βάση στο 7^ο σενάριο παράγονται 3.379.647kWh που αντιστοιχούν στο 87,9% και για το 30^ο 2.174.169 kWh με 87,7%, ποσοστά που αντιστοιχούν στην συνολική παραγωγή ([εικόνα 5.7](#)).



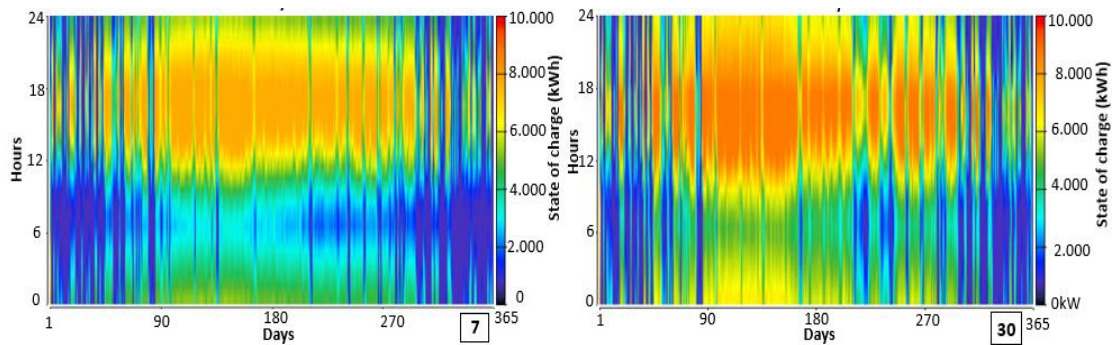
Εικόνα 62. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το ανεμογεννήτρια για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας

Σε κάθε σενάριο λόγω του υψηλού κόστους έχει διαστασιολογηθεί μία ανεμογεννήτρια Thetis EW16 ισχύος 50kW από το πρόγραμμα. Στο 7ο σενάριο παράγονται 144.251 kWh αιολικής ενέργειας και στο 30^ο 148.061 kWh, που αντιστοιχούν στο 3,74% και 5,97% της συνολικής παραγωγής (εικόνα 5.8).



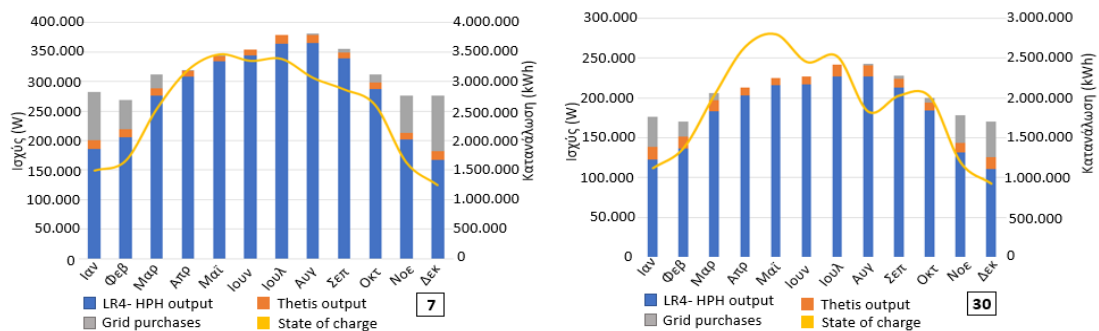
Εικόνα 63. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας

Όπως προαναφέρθηκε και στα δύο σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης λόγω της αξιοπιστίας που του προσφέρει. Στην περίπτωση του 7^{ου} σεναρίου ο λιμένας προμηθεύεται 335.064 kWh, ενώ στου 30^{ου} 158.079 kWh που αντιστοιχούν στο 8,68% και στο 6,37%, ποσοστά που συμπληρώνουν την παραγόμενη ενέργεια των ΑΠΕ (εικόνα 5.9). Τέλος, λόγω του ενεργειακού συμψηφισμού που εφαρμόζεται στο τέλος του χρόνου για τις κλιματολογικές συνθήκες που μελετήθηκαν σε κανένα από τα δύο σενάρια ο λιμένας δεν προμηθεύεται ενέργεια από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Αντίθετα, και τα δύο προσφέρουν 27.698 kWh και 92.110 kWh σε αυτό, εξοικονομώντας 61.963,69 kg και 206.060,94 kg ισοδύναμου διοξειδίου ετησίως αντίστοιχα.



Εικόνα 64. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας

Για το σύστημα αποθήκευσης διαστασιολογήθηκαν 82 και 55 τεμάχια της μπαταρίας Gildemeister 30kW συνδεδεμένα σε σειρά για το 7^ο και 30^ο σενάριο αντίστοιχα. Κάθε σύστημα έχει χωρητικότητα 7.380 kWh και 4.950 kWh με την αρχική κατάσταση φόρτισής τους κατά την εγκατάσταση να είναι 100% και την ελάχιστη επιτρεπτή φόρτιση στο 10% προκειμένου να φτάσουν το προσδόκιμο ζωής τους ([εικόνα 5.10](#)).



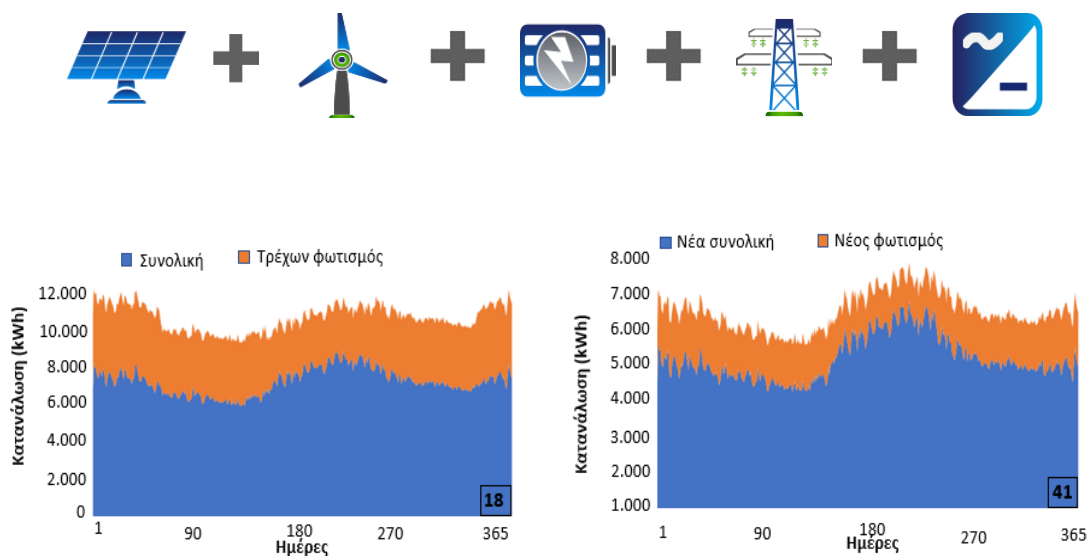
Εικόνα 65. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 24ωρης αυτονομίας

Συγκρίνοντας τα δύο αυτά σενάρια συμπεραίνουμε ότι η πλειοψηφία της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από το σύστημα των φωτοβολταϊκών με την ανεμογεννήτρια να παράγει σταθερές ποσότητες καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η μεγαλύτερη εξάρτηση του λιμένα από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης σε αυτά τα σενάρια είναι από τον Νοέμβριο έως και τον Φεβρουάριο όπου το ηλιακό δυναμικό είναι και το χαμηλότερο με τα συστήματα αποθήκευσης να επιβαρύνονται στο μέγιστο την περίοδο αυτή αλλά συγχρόνως να παραμένουν σε σταθερά υψηλά επίπεδα όλο το χρόνο ([εικόνα 5.11](#)).

5.1.3 : Σενάρια αυτονομίας 48 ωρών

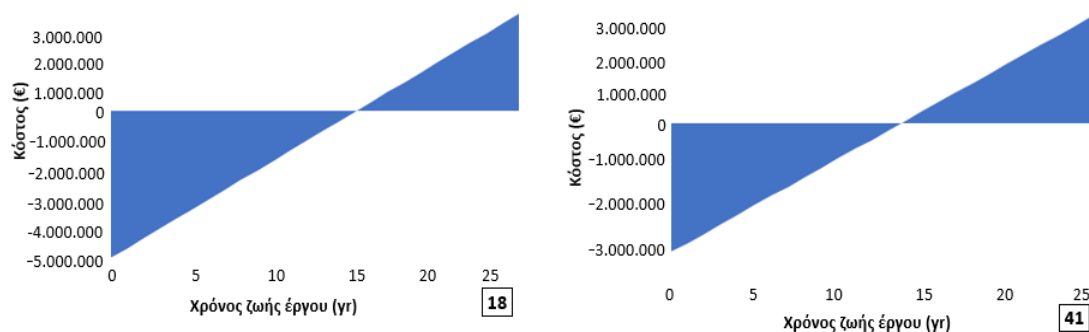
Παρακάτω παρατίθενται το 18^ο και το 41^ο σενάριο όπου αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα και έπειτα της φωτοτεχνικής αναβάθμισης του εξωτερικού φωτισμού του. Και στα δύο σενάρια έχουν διαστασιολογηθεί φωτοβολταϊκά,

ανεμογεννήτριες και συστήματα αποθήκευσης με μπαταρίες που είναι ικανά να παρέχουν αυτονομία και απρόσκοπτη λειτουργία για 48 ώρες στον λιμένα. Παράλληλα, και στα δύο σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης για μεγαλύτερη αξιοπιστία.



Εικόνα 66. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας

Μετά την εκ νέου διαστασιολόγηση των φωτιστικών, η καταναλισκόμενη ενέργεια μειώθηκε αισθητά όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα. Αυτή η μείωση έχει σημαντική επίδραση τόσο στα προτεινόμενα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας όσο και στην χρηματοοικονομική ανάλυση τους ([εικόνα 5.12](#)).



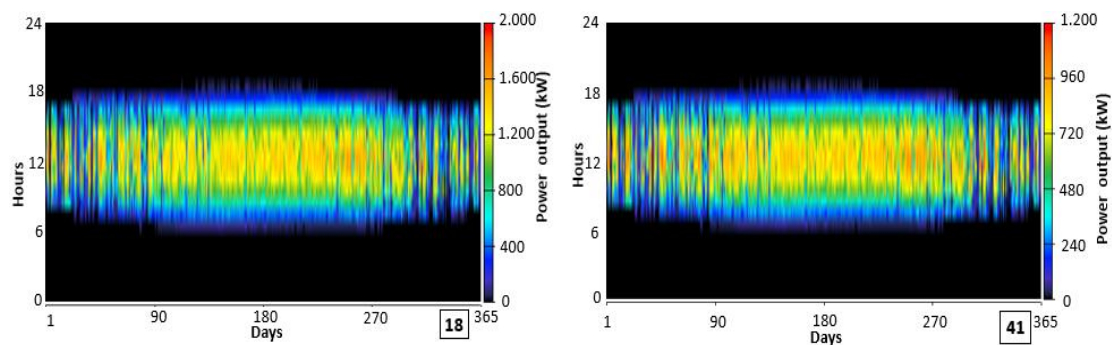
Εικόνα 67. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας

Τα σενάρια που αναλύονται έχουν αρχικό κόστος επένδυσης ύψους 5.140.822,98€ για το 18° σενάριο και 3.158.192,67€ για το 41°, με τον χρόνο αποπληρωμής να είναι στα 15,12 και 13,50

χρόνια αντίστοιχα. Στο πέρας του 25^{ου} έτους η εκάστοτε επένδυση θα έχει αποφέρει κέρδη που φτάνουν τα 3.975.331,13€ και 2.591.962,37€ αντίστοιχα καθιστώντας την έτσι, επιτυχής (εικόνα 5.13).

Πίνακας 36. Χαρακτηριστικά σεναρίων 48ωρης αυτονομίας τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

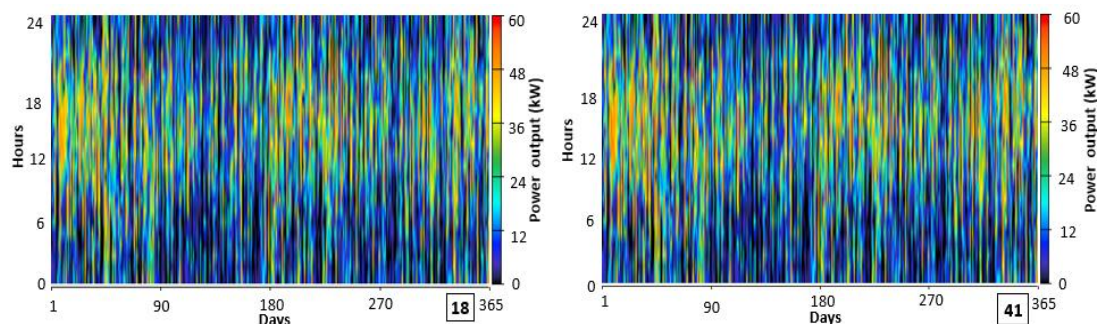
Σενάρια αυτονομίας 48 ωρών		
	18^ο	41^ο
ROI (%)	2,6	3,3
IRR (%)	4,3	5,3
Χρόνος αποπληρωμής (yr)	15,12	8,98
NPC (€)	5.583.268	3.433.308
Κόστος λειτουργίας (€/yr)	34.225,03	21.281,34
LCOE (€)	0,1460	0,1366
Ποσοστό άμεσης συμμετοχής ΑΠΕ στο σύστημα(%)	90,4	92,7
Παραγωγή Φ/Β στο σύστημα (%)	88,1	87,3
Παραγωγή Α/Γ στο σύστημα (%)	4,00	6,47
Συμμετοχή δικτύου της πόλης στην παραγωγή (%)	7,90	6,19
Αγορές από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης (kWh/yr)	285.238	141.557
Καθαρές αγορές από το δίκτυο (kWh/yr)	1.604	-9.634
Ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα (kg/yr)	3.588,34	-21.552,39



Εικόνα 68. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας

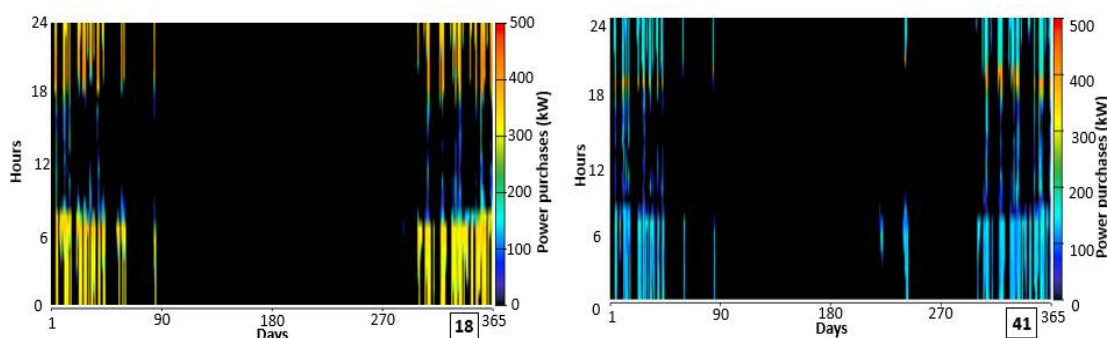
Για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα διαστασιολογήθηκαν 2.023 kW φωτοβολταϊκών τύπου LONGi Solar LR4-60HPH που αντιστοιχούν σε 6.526 πάνελ που καλύπτουν 11.889m², ενώ μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση των εξωτερικών χώρων του λιμένα απαιτούνται 1.240 kW των ίδιων φωτοβολταϊκών που μεταφράζονται σε 4.000 πάνελ που καλύπτουν 7.287m². Σε ετήσια βάση στο 18^ο σενάριο παράγονται 3.178.855kWh που αντιστοιχούν στο 88,1% και

για το 41^ο 1.997.885 kWh με 87,3% συμμετοχής στην συνολική παραγωγή αντίστοιχα ([εικόνα 5.14](#)).



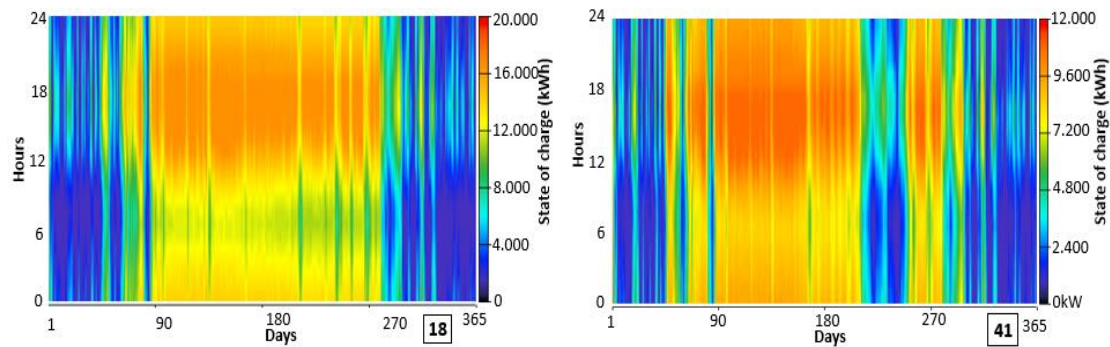
Εικόνα 69. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από ανεμογεννήτρια για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας

Σε κάθε σενάριο λόγω του υψηλού κόστους έχει διαστασιολογηθεί μια ανεμογεννήτρια Thetis EW16 ισχύος 50kW. Στο 18ο σενάριο παράγονται 144.251 kWh αιολικής ενέργειας και στο 41^ο 148.061 kWh που αντιστοιχούν στο 4,00% και 6,47% της συνολικής παραγωγής ([εικόνα 5.15](#)).



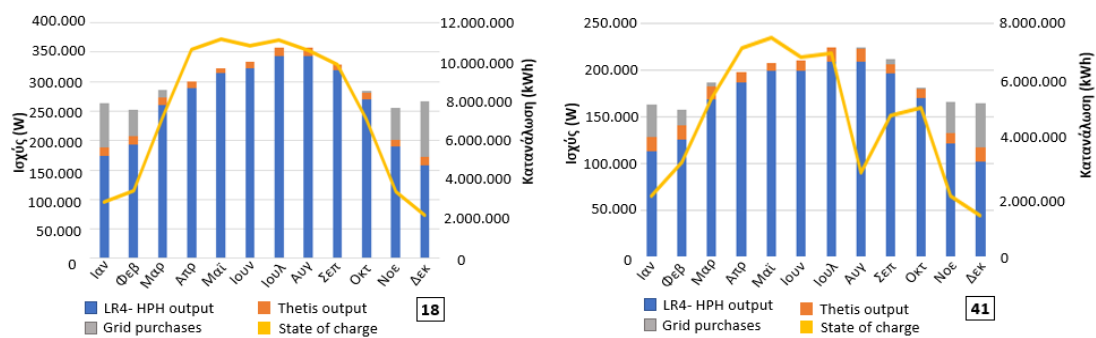
Εικόνα 70. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας

Όπως προαναφέρθηκε και στα δύο σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης λόγω της αξιοπιστίας που του προσφέρει. Στην περίπτωση του 18^{ου} σεναρίου ο λιμένας προμηθεύεται 285.238kWh, ενώ στου 41^{ου} 141.557kWh που αντιστοιχούν στο 7,90% και στο 6,19%, ποσοστά που συμπληρώνουν την παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ ([εικόνα 5.16](#)). Τέλος, λόγω του ενεργειακού συμψηφισμού που εφαρμόζεται στο τέλος του χρόνου για τις κλιματολογικές συνθήκες που μελετήθηκαν, μόνο σε αυτό με τον αναβαθμισμένο φωτισμό ο λιμένας δεν προμηθεύεται ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Πιο αναλυτικά, στο 18^ο ο λιμένας προμηθεύεται 1.604 kWh, ενώ το 41^ο παραχωρεί 9.634 kWh στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης επιβαρύνοντας με 3.588,34kg το τοπικό περιβάλλον και εξοικονομώντας 21.552,39 kg ισοδύναμου διοξειδίου το έτος αντίστοιχα.



Εικόνα 71. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας

Για το σύστημα αποθήκευσης διαστασιολογήθηκαν 14 και 9 τεμάχια της μπαταρίας Gildemeister 250kW συνδεδεμένα σε σειρά για το 18^ο και 41^ο σενάριο αντίστοιχα. Κάθε σύστημα έχει χωρητικότητα 15.603 kWh και 10.030 kWh με την αρχική κατάσταση φόρτισης κατά την εγκατάστασή τους να είναι στο 100% και την ελάχιστη επιτρεπτή φόρτιση στο 10% ([εικόνα 5.17](#)).



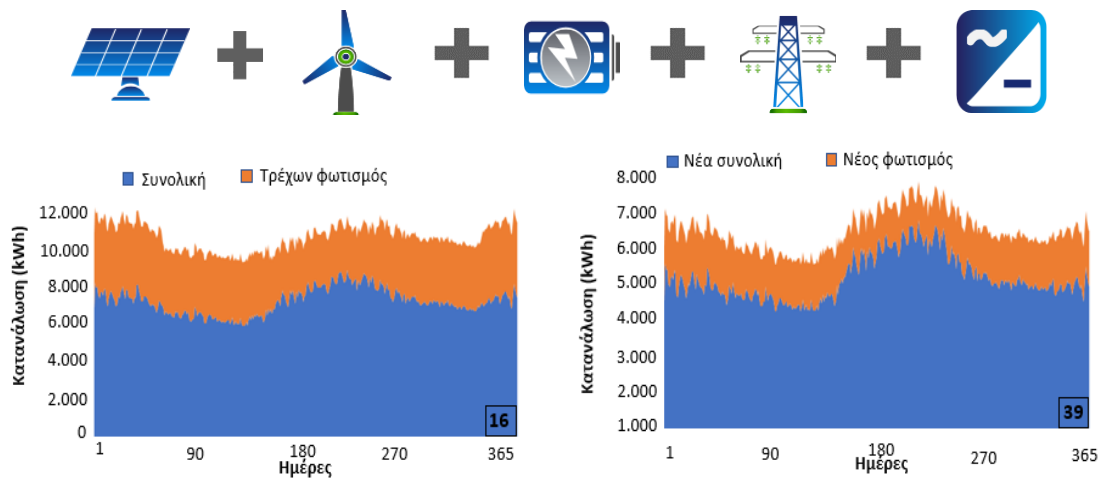
Εικόνα 72. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 48ωρης αυτονομίας

Συγκρίνοντας τα δύο αυτά σενάρια συμπεραίνουμε ότι η πλειονοφία της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από το σύστημα των φωτοβολταϊκών, με την ανεμογεννήτρια να παράγει σταθερές ποσότητες καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η μεγαλύτερη εξάρτηση του λιμένα από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης στα μελετηθέντα σενάρια είναι από τον Νοέμβριο έως τον Φεβρουάριο όπου το ηλιακό δυναμικό είναι το χαμηλότερο με τα συστήματα αποθήκευσης να επιβαρύνονται στο μέγιστο την περίοδο αυτή αλλά συγχρόνως να παραμένουν σε σταθερά υψηλά επίπεδα όλο το χρόνο ([εικόνα 5.18](#)).

5.1.4 : Σενάρια αυτονομίας 24 ωρών με πώληση ενέργειας στα 0,06€/kWh

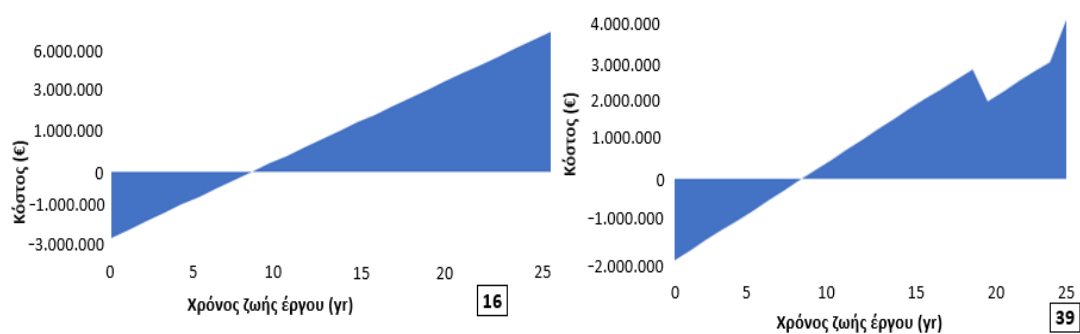
Παρακάτω παρατίθενται το 16^ο και το 39^ο σενάριο όπου αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα και έπειτα της φωτοτεχνικής αναβάθμισης του εξωτερικού φωτισμού του. Και στα δύο σενάρια έχουν διαστασιολογηθεί φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες και συστήματα αποθήκευσης με μπαταρίες που είναι ικανά να παρέχουν αυτονομία και απρόσκοπτη λειτουργία για 48 ώρες στον λιμένα. Παράλληλα, και στα δύο

σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης για μεγαλύτερη αξιοπιστία, καθώς παραχωρεί την περίσσεια ενέργεια που δεν αποθηκεύει σε αυτό στην τιμή των 0,06€/kWh.



Εικόνα 73. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Μετά την εκ νέου διαστασιολόγηση των φωτιστικών, η καταναλισκόμενη ενέργεια μειώθηκε αισθητά όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα. Αυτή η μείωση έχει σημαντική επίδραση τόσο στα προτεινόμενα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας όσο και στην χρηματοοικονομική ανάλυση τους ([εικόνα 5.19](#)).



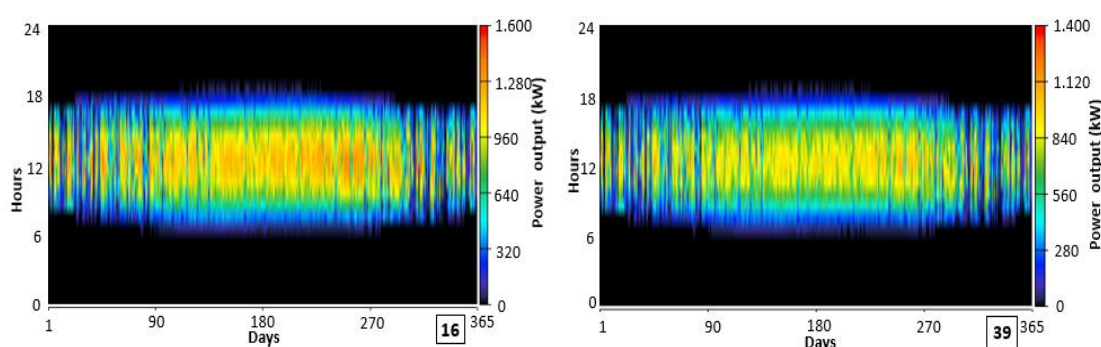
Εικόνα 74. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Τα σενάρια που αναλύονται έχουν αρχικό κόστος επένδυσης ύψους 2.900.201€ για το 16^ο σενάριο και 2.084.501,00 € για το 39^ο, με τον χρόνο αποπληρωμής να είναι στα 8,07 χρόνια αντίστοιχα. Στο πέρας του 25^{ου} έτους η εκάστοτε επένδυση θα έχει αποφέρει κέρδη που

φτάνουν τα 6.089.003,39€ και 4.105.677,69€ αντίστοιχα (εικόνα 5.20). Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί το 39^ο σενάριο διότι μετά το 20^ο έτος λειτουργίας του έργου παρατηρείται μια πτώση στην χρηματική ροή του κέρδους και συγκεκριμένα στο 20^ο έτος που οφείλεται στην αντικατάσταση του συστήματος αποθήκευσης, ενώ η απότομη άνοδος στο τελευταίο έτος στην υπολειπόμενη αξία των εναπομεινάντων εγκατεστημένων συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης της ενέργειας.

Πίνακας 37. Χαρακτηριστικά σεναρίων 24ωρης αυτονομίας με πώληση της περίσσειας ενέργειας, τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

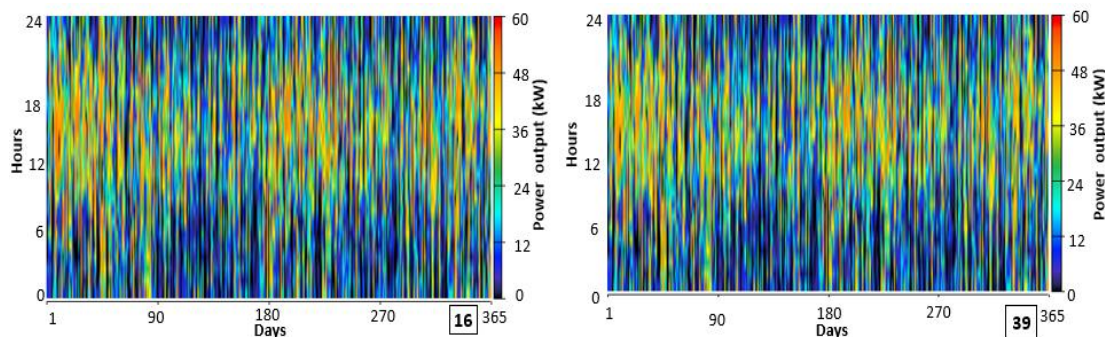
Σενάρια αυτονομίας 24 ωρών με πώληση ενέργειας στα 0,06€/kWh		
	16^ο	39^ο
ROI (%)	8,4	7,9
IRR (%)	11,6	11,1
Χρόνος αποπληρωμής (yr)	8,07	8,06
NPC (€)	3.095.724	2.140.466
Κόστος λειτουργίας (€/yr)	15.124,59	4.329,10
LCOE (€)	0,05309	0,05359
Ποσοστό άμεσης συμμετοχής ΑΠΕ στο σύστημα(%)	62,60	72,40
Παραγωγή Φ/Β στο σύστημα (%)	59,10	67,40
Παραγωγή Α/Γ στο σύστημα (%)	3,92	5,48
Συμμετοχή δικτύου της πόλης στην παραγωγή (%)	37,00	27,10
Αγορές από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης (kWh/yr)	1.686.628	853.651
Καθαρές αγορές από το δίκτυο (kWh/yr)	-148.958	-442.504
Ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα (kg/yr)	-333.236,62	-989.933,66



Εικόνα 75. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

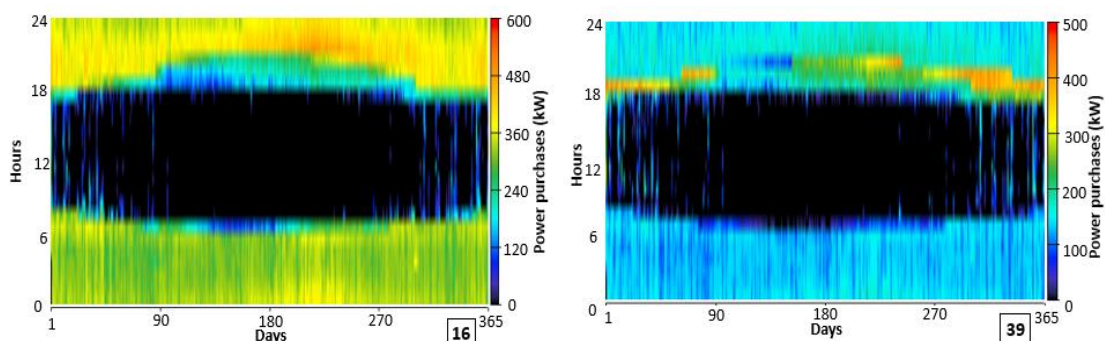
Για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα διαστασιολογήθηκαν 1.714 kW φωτοβολταϊκών τύπου LONGi Solar LR4-60HPH που αντιστοιχούν σε 5.530 πάνελ που καλύπτουν συνολικά 10.074m², ενώ μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση των εξωτερικών χώρων του λιμένα

χρειάζονται 1.349 kW των ίδιων φωτοβολταϊκών που μεταφράζονται σε 4.352 πάνελ και $7.928m^2$. Σε ετήσια βάση για το 16^ο σενάριο παράγονται 2.692.982kWh που αντιστοιχούν στο 59,10% και για το 39^ο 2.119.505 kWh με 67,40% συμμετοχής στην συνολική παραγωγή αντίστοιχα (εικόνα 5.21).



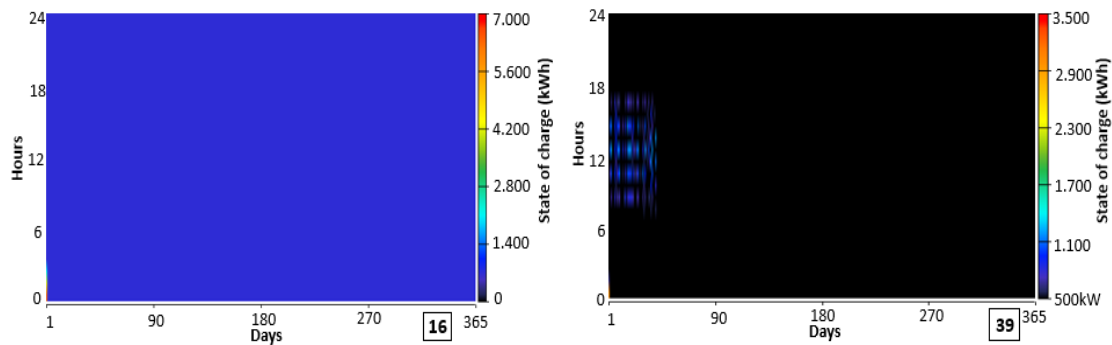
Εικόνα 76 Ωριαία παραγόμενη ισχύς ανεμογεννήτριας για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Σε κάθε σενάριο λόγω του υψηλού κόστους έχει διαστασιολογηθεί μια ανεμογεννήτρια Thetis EW16 ισχύος 50kW. Στο 16^ο σενάριο παράγονται 178.575 kWh αιολικής ενέργειας και στο 39^ο 172.233 kWh, που αντιστοιχούν στο 3,92% και 5,48% της συνολικής παραγωγής (εικόνα 5.22).



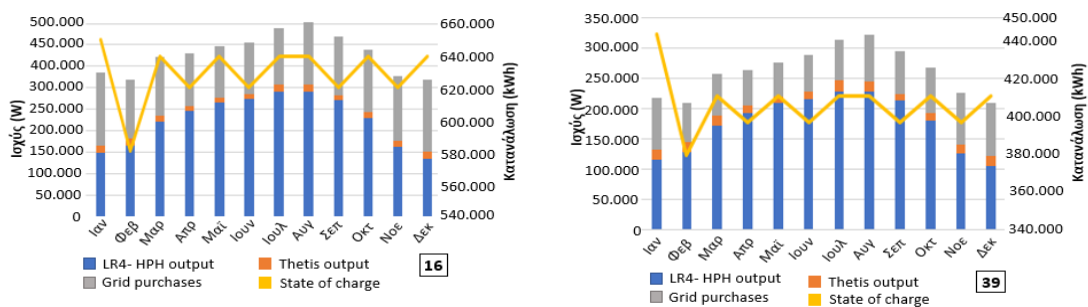
Εικόνα 77. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε και στα δύο σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης λόγω της αξιοπιστίας που του προσφέρει. Στην περίπτωση του 16^{ου} σεναρίου ο λιμένας προμηθεύεται 1.686.628kWh, ενώ στο 39^ο 853.651kWh που αντιστοιχούν στο 37,00% και στο 27,10% της συνολικής παραγωγής (εικόνα 5.23). Τέλος, λόγω του ενεργειακού συμψηφισμού που εφαρμόζεται στο τέλος του χρόνου για τις κλιματολογικές συνθήκες που μελετήθηκαν σε κανένα σενάριο ο λιμένας δεν προμηθεύτηκε ενέργεια από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Πιο συγκεκριμένα, στο 16^ο σενάριο ο λιμένας προμηθεύει με 148.958kWh και στο 39^ο με 442.504 kWh το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης ελαφρύνοντάς το και δίνοντας παράλληλα, την δυνατότητα να διαθέσει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας στους υπόλοιπους καταναλωτές. Επιπλέον, εξοικονομεί 333.236,62kg και 989.933,66 kg ισοδύναμου διοξειδίου ετησίως για κάθε σενάριο.



Εικόνα 78. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Για το σύστημα αποθήκευσης διαστασιολογήθηκαν 7 και 55 τεμάχια της μπαταρίας Gildemeister 250kW και της Gildemeister 30kW συνδεδεμένες σε σειρά για το 16° και 39° σενάριο αντίστοιχα. Κάθε σύστημα έχει χωρητικότητα 7.801 kWh και 4.950 kWh με την αρχική κατάσταση φόρτισης τους να είναι στο 100% και την ελάχιστη επιτρεπτή φόρτιση στο 10% ([εικόνα 5.24](#)). Αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που το σύστημα με τις μπαταρίες δεν λειτουργεί όπως είναι επιθυμητό, παραμένουν λόγω της αξιοπιστίας που προσφέρουν.

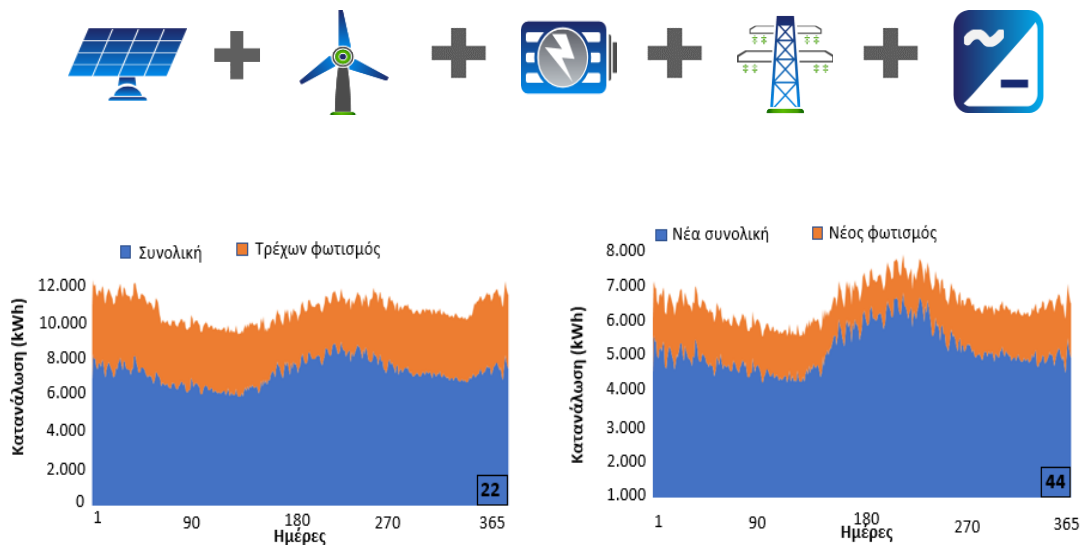


Εικόνα 79. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 24ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Συγκρίνοντας τα δύο αυτά σενάρια συμπεραίνουμε ότι η πλειοψηφία της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από το σύστημα των φωτοβολταϊκών με την ανεμογεννήτρια να παράγει σταθερές ποσότητες καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η εξάρτηση του λιμένα από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης σε αυτά τα σενάρια παραμένει σταθερή όλους τους μήνες λόγω της προτεραιότητας που δίνει το πρόγραμμα στην πώληση της περίσσειας ενέργειας αντί στην αποθήκευσή της στις πλείστες των περιπτώσεων αλλά συγχρόνως παραμένουν σε σταθερά υψηλά επίπεδα όλο το χρόνο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός της απότομης πτώσης μεταξύ των δύο πρώτων μηνών λόγω της πλήρους φόρτισης των μπαταριών κατά την εγκατάστασή τους, καθώς και της σταθερής αυξομείωσης της τους υπόλοιπους μήνες του έτους εξαιτίας των διαφορετικών ημερών που υπάρχουν σε κάθε μήνα ([εικόνα 5.25](#)).

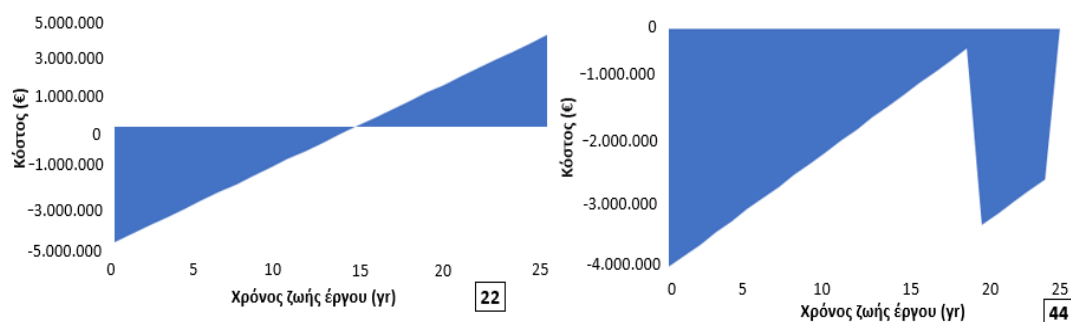
5.1.5 : Σενάρια αυτονομίας 48 ωρών με πώληση ενέργειας στα 0,06€/kWh

Παρακάτω παρατίθενται το 22^ο και το 44^ο σενάριο όπου αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα και έπειτα της φωτοτεχνικής αναβάθμισης του εξωτερικού φωτισμού του. Και στα δύο σενάρια έχουν διαστασιολογηθεί φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες και συστήματα αποθήκευσης με μπαταρίες που είναι ικανά να παρέχουν αυτονομία και απρόσκοπτη λειτουργία για 48 ώρες στον λιμένα. Παράλληλα, και στα δύο σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης για μεγαλύτερη αξιοπιστία, καθώς επίσης παραχωρεί την περίσσεια ενέργεια που δεν αποθηκεύει σε αυτό στην τιμή των 0,06€/kWh.



Εικόνα 80. Κατανάλωση φωτισμού σε σχέση με συνολική κατανάλωση τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Μετά την εκ νέου διαστασιολόγηση των φωτιστικών, η καταναλισκόμενη ενέργεια μειώθηκε αισθητά όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα. Αυτή η μείωση έχει σημαντική επίδραση τόσο στα προτεινόμενα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας όσο και στην χρηματοοικονομική ανάλυση τους ([εικόνα 5.26](#)).

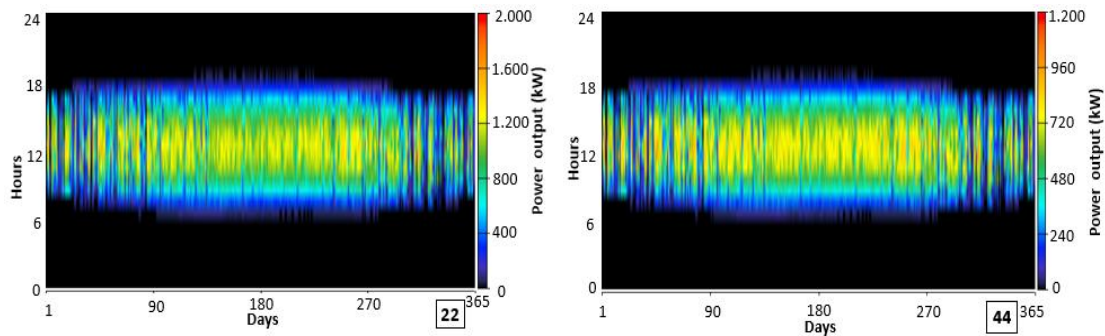


Εικόνα 81. Χρηματική ροή τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Τα σενάρια που αναλύονται έχουν αρχικό κόστος επένδυσης ύψους 4.995201€ για το 22° σενάριο και 4.074.953,50€ για το 44°, με τον χρόνο αποπληρωμής να είναι στα 13,97 και 24,99 χρόνια αντίστοιχα. Στο πέρας του 25^{ου} έτους η εκάστοτε επένδυση θα έχει αποφέρει κέρδη που φτάνουν τα 3.961.547,06€ και 36.055,28€ αντίστοιχα ([εικόνα 5.27](#)).

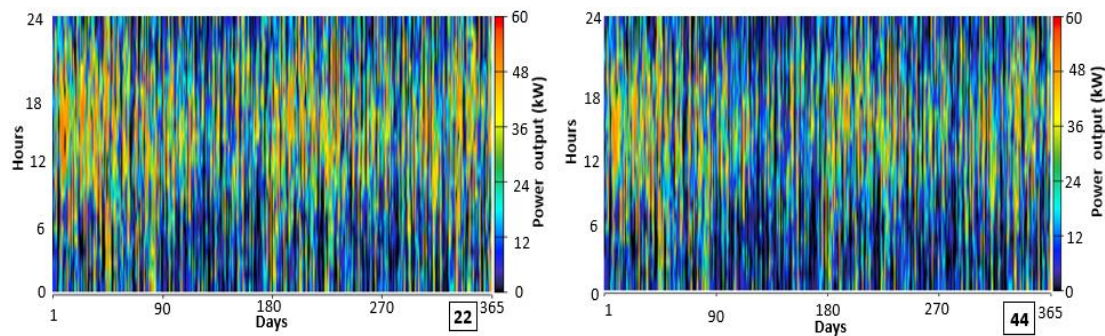
Πίνακας 38. Χαρακτηριστικά σεναρίων 48ωρης αυτονομίας με πώληση της περίσσειας ενέργειας, τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης λιμένα

Σενάρια αυτονομίας 48 ωρών με πώληση ενέργειας στα 0,06€/kWh		
	22°	44°
ROI (%)	3,20	0,00
IRR (%)	5,10	0,1
Χρόνος αποπληρωμής (yr)	13,97	24,99
NPC (€)	5.209.800,00	5.226.949,00
Κόστος λειτουργίας (€/yr)	16.600,19	89.111,91
LCOE (€)	0,08761	0,1458
Ποσοστό άμεσης συμμετοχής ΑΠΕ στο σύστημα(%)	63,40	68,00
Παραγωγή Φ/Β στο σύστημα (%)	60,00	63,00
Παραγωγή Α/Γ στο σύστημα (%)	3,80	5,29
Συμμετοχή δικτύου της πόλης στην παραγωγή (%)	36,20	31,70
Αγορές από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης (kWh/yr)	1.683.265	887.211
Καθαρές αγορές από το δίκτυο (kWh/yr)	-241.464	-91.883
Ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα (kg/yr)	-540.183,46	-205.553,11



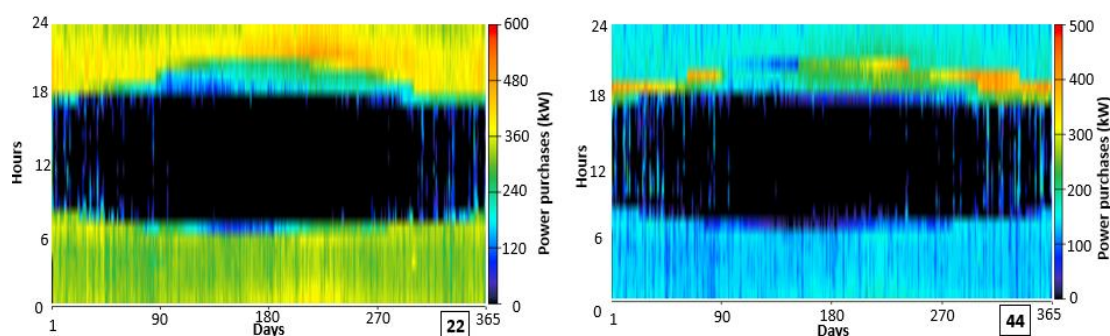
Εικόνα 82. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από το φωτοβολταϊκό σύστημα για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα διαστασιολογήθηκαν 1.732 kW φωτοβολταϊκών τύπου LONGi Solar LR4-60HPH που αντιστοιχούν σε 5.588 πάνελ που καλύπτουν $10.180m^2$, ενώ μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση των εξωτερικών χώρων του λιμένα χρειάζονται 1.094 kW των ίδιων φωτοβολταϊκών που μεταφράζονται σε 3.530 πάνελ και $6.431m^2$. Σε ετήσια βάση για το 22^ο σενάριο παράγονται 2.791.534kWh που αντιστοιχούν στο 60,00% και για το 44^ο 1.763.243 kWh με 63,00% συμμετοχής στην συνολική παραγωγή ([εικόνα 5.28](#)).



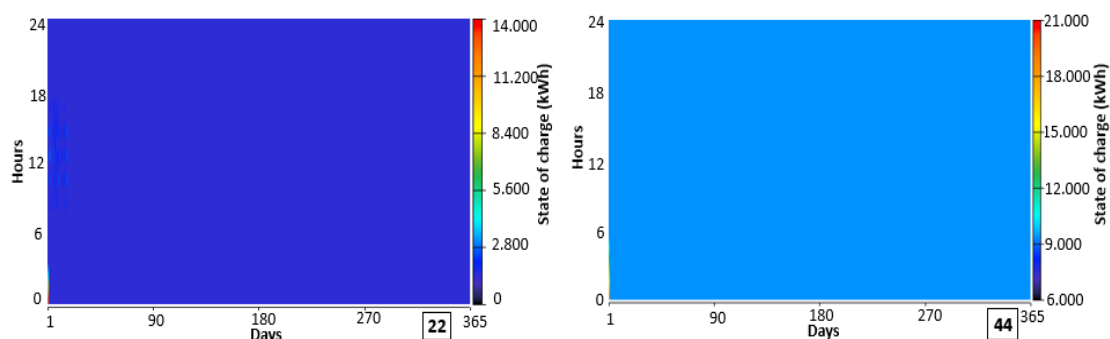
Εικόνα 83. Ωριαία παραγόμενη ισχύς από ανεμογεννήτρια για τρέχουσα και αναβαθμισμένη κατάσταση για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Σε κάθε σενάριο λόγω του υψηλού κόστους έχει διαστασιολογηθεί μια ανεμογεννήτρια Thetis EW16 ισχύος 50kW. Στο 22^ο σενάριο παράγονται 176.755 kWh αιολικής ενέργειας και στο 44^ο 148.061kWh, που αντιστοιχούν στο 3,80% και 5,29% της συνολικής παραγωγής ([εικόνα 5.29](#)).



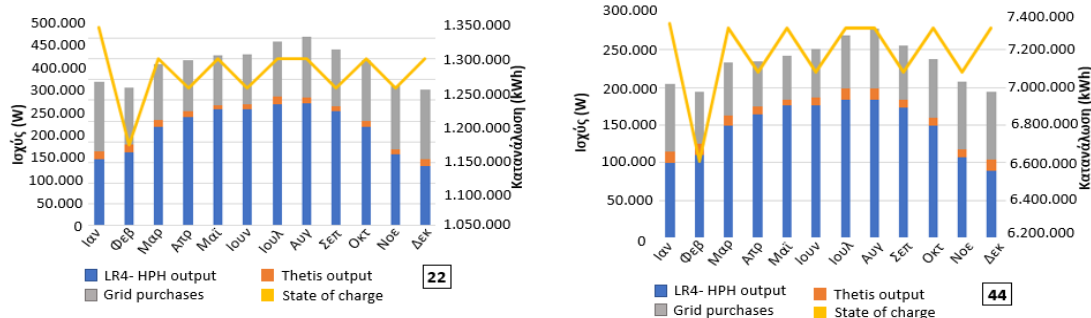
Εικόνα 84. Ωριαία καταναλισκόμενη ισχύς δικτύου τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε και στα δύο σενάρια ο λιμένας παραμένει συνδεδεμένος με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης λόγω της αξιοπιστίας που του προσφέρει. Στην περίπτωση του 22^{ου} σεναρίου ο λιμένας προμηθεύεται 1.683.265kWh, ενώ στο 44^ο 887.211kWh που αντιστοιχούν στο 36,20% και στο 31,70%, για να συμπληρωθεί η συνολική παραγωγή. Επίσης, λόγω του ενεργειακού συμψηφισμού που εφαρμόζεται στο τέλος του χρόνου για τις κλιματολογικές συνθήκες που μελετήθηκαν σε κανένα σενάριο ο λιμένας δεν προμηθεύτηκε ενέργεια από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης. Συγκεκριμένα, στο 22^ο σενάριο ο λιμένας προμηθεύει με 241.464kWh και στο 44^ο παραχωρεί 91.883kWh στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης ελαφρύνοντάς το και δίνοντας έτσι, την δυνατότητα να διαθέσει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας στους υπόλοιπους πελάτες εξοικονομώντας ταυτόχρονα 540.183,46kg και 205.553,11 kg ισοδύναμου διοξειδίου ετησίως αντίστοιχα (εικόνα 5.30).



Εικόνα 85. Ωριαία κατάσταση φόρτισης συστήματος αποθήκευσης τρέχουσας και αναβαθμισμένης κατάστασης για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Για το σύστημα αποθήκευσης διαστασιολογήθηκαν 14 και 2.450 τεμάχια της μπαταρίας Gildemeister 250kW και της Sunlight OPzS4620 συνδεδεμένες σε σειρά για το 22^ο και 44^ο σενάριο αντίστοιχα. Κάθε σύστημα έχει χωρητικότητα 15.603 kWh και 9.834 kWh με την αρχική κατάσταση φόρτισης τους να είναι στο 100% και την ελάχιστη επιτρεπτή φόρτιση στο 10% και 50% αντίστοιχα, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό προσδόκιμο ζωής (εικόνα 5.31).



Εικόνα 86. Μηνιαία διακύμανση συστημάτων παραγωγής, αποθήκευσης ενέργειας καθώς και οι απαιτήσεις από το δίκτυο για σενάρια 48ωρης αυτονομίας με πώληση περίσσειας ενέργειας

Συγκρίνοντας τα δύο αυτά σενάρια φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι η πλειοψηφία της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από το σύστημα των φωτοβολταϊκών με την ανεμογεννήτρια να παράγει σταθερές ποσότητες καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η εξάρτηση του λιμένα από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης σε αυτά τα σενάρια παραμένει σταθερή όλους τους μήνες του λόγω της προτεραιότητας που δίνει το πρόγραμμα στην πώληση της περίσσειας ενέργειας αντί για την αποθήκευσή της στις πλείστες των περιπτώσεων. Συγχρόνως, όμως, παραμένουν σε σταθερά υψηλά επίπεδα όλο το χρόνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η απότομη πτώση μεταξύ των δύο πρώτων μηνών είναι λόγω της πλήρους φόρτισης των μπαταριών κατά την εγκατάστασή τους, καθώς και η σταθερή αυξομείωση της τους υπόλοιπους μήνες του έτους εξαιτίας των διαφορετικών ημερών που υπάρχουν σε κάθε μήνα ([εικόνα 5.32](#)).

5.2 : Συμπεράσματα HOMER

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του HOMER συμπεραίνουμε ότι είναι απόλυτα εφικτή η ανεξαρτησία του λιμένα από τις συμβατικές πηγές του νησιού σε έναν πολύ υψηλό βαθμό. Η διαστασιολόγηση και ο συνδυασμός των φωτοβολταϊκών, των ανεμογεννητριών και των συστημάτων αποθήκευσης με μπαταρίες που επιλέχθηκαν αποδείχθηκαν επιτυχείς, διότι ώθησαν τα πλείστα σενάρια που προτάθηκαν στην πλήρη αυτονομία. Παρόλα αυτά, παρέμειναν όλα συνδεδεμένα με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης για την κάλυψη αυτής της διαφοράς, ώστε να επιτευχθεί η αδιάκοπη λειτουργία του και να παραμείνει αξιόπιστο το προτεινόμενο έργο. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε για την τρέχουσα κατάσταση του λιμένα, καθώς και για την ενεργειακή του κατάσταση μετά την φωτοτεχνική αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού του. Τα μελετηθέντα σενάρια χωρίστηκαν σε τέσσερις περεταίρω κατηγορίες. Η πρώτη χωρίς αυτονομία, η δεύτερη με μια ημέρα και η τρίτη με δύο ημέρες αυτονομίας με κοινό χαρακτηριστικό τους η παραχώρηση της περίσσειας ενέργειας στο δίκτυο της πόλης χωρίς χρέωση, ενώ η τέταρτη μελέτησε την χρέωση της περίσσειας ενέργειας στην τιμή των 0,06€/kWh για αυτονομία του λιμένα μιας και δύο ημερών. Από τις κατηγορίες των σεναρίων αυτών αυτή που αποδείχθηκε η πιο ισορροπημένη σε όλα τα χαρακτηριστικά της είναι αυτή που παρέχει στον λιμένα αυτονομία μιας μέρας χωρίς την

χρέωση της πωληθείσας ενέργειας στο δίκτυο. Έπειτα, με βάση κάποιες παραμέτρους που ορίστηκαν επιλέχθηκε ένα σενάριο για κάθε έναν από τους τρεις πυλώνες της βιωσιμότητας (οικονομία, περιβάλλον, κοινωνία) και έπειτα άλλο ένα που θεωρήθηκε το βέλτιστο στην κατηγορία αυτονομίας του όπου και αναλύθηκε σε βάθος, λόγω της ισορροπίας που παρέχει ως προς τους προαναφερθέντες πυλώνες.

Κεφάλαιο 6^ο: Συμπεράσματα Διπλωματικής

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από την παρούσα διπλωματική εργασία που σκοπό είχε την μείωση του οικολογικού αποτυπώματος του λιμένα Ηρακλείου διαστασιολογώντας συστήματα ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας με τη μέθοδο του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού για την κάλυψη των αναγκών του, καθώς και με την φωτοτεχνική αναβάθμιση του εξωτερικού του φωτισμού. Αρχικά, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν τα ενεργειακά δεδομένα του λιμένα που παραχωρήθηκαν από τον Οργανισμό Λιμένος Ηρακλείου. Από το σύνολο των τριών παροχών που αποτελείται το δίκτυο του, η κατανάλωση του υπολογίστηκε κατά μέσο όρο στις 2.676.907,7kWh τον χρόνο, με το καλοκαιρινό τρίμηνο να είναι το πιο απαιτητικό. Η χρέωση της ενέργειας υπολογίστηκε στα 1,40 λεπτά(€)/kWh με το κόστος του καταναλισκόμενου ρεύματος να είναι 0,0755€/kWh, ενώ το υπόλοιπο 0,0645€/kWh να είναι το κόστος των παγίων που επιβάλλονται από τον πάροχο και τον παραγωγό. Στην κατανάλωση αυτήν συμπεριλαμβάνεται ο εσωτερικός και εξωτερικός φωτισμός του, οι γερανοί για την φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων σε καθημερινή βάση, και τέλος οι ανάγκες ψύξης και θέρμανσης των κτηριακών μονάδων. Η περιοχή του μόλου εξαιρέθηκε κατά τον υπολογισμό της κατανάλωσης του λιμένα διότι η παροχή που τον τροφοδοτεί είναι καταχωρημένη στον Δήμο Ηρακλείου σε αντίθεση με τις υπόλοιπες που είναι στον ΟΛΗ. Παρόλα αυτά συμπεριλήφθηκε στην φωτοτεχνική αναβάθμισή γιατί αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του λιμένα.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του τρέχοντος φωτισμού που συλλέχθηκαν από τον ΟΛΗ, υπολογίστηκε η τρέχουσα κατανάλωση του εξωτερικού φωτισμού του λιμένα στις 1.256.318,1kWh, ποσοστό που αναλογεί στο 46,9% της συνολικής κατανάλωσης του. Έπειτα με τη χρήση του DIALux χωρίστηκε ο λιμένας σε 45 διαφορετικά χωρία ανάλογα με την εκάστοτε λειτουργία που πραγματοποιείται εκεί. Ο στόχος είναι να βρεθούν οι τιμές των χαρακτηριστικών του φωτισμού κάθε χωρίου που υστερεί(ομοιομορφία, Lux), ώστε να στοχευθούν στην φωτοτεχνική αναβάθμιση, παράλληλα με την μείωση της ηλεκτρικής του κατανάλωσης. Αντικαθιστώντας τα παρωχημένα φωτιστικά που είναι εγκατεστημένα με καινοτόμα, επιτεύχθηκε μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας του εξωτερικού φωτισμού σε 554.278kWh και την συνολική του λιμένα σε 1.974.867,6kWh, μείωση της τάξεως του 55,88%.

Επιπλέον, σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε βρέθηκε ότι η κίνηση των επιβατών, των κρουαζιερόπλοιων και των μεταφορικών πλοίων δεν επηρεάζουν άμεσα την ηλεκτρική κατανάλωση στον χώρο του λιμένα, αποδεικνύοντας έτσι ότι για την αυξημένη κατανάλωση ευθύνεται το μεγάλο λειτουργικό του κόστος.

Το τελευταίο κομμάτι περιλαμβάνει την διαστασιολόγηση των συστημάτων ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας με τη χρήση του HOMER. Από το σύνολο των 45 βιώσιμων σεναρίων αυτονομίας 0, 24, 48 ωρών που βρέθηκαν, επιλέχθηκαν 13 που στοχεύουν αποκλειστικά και μόνο σε καθένα από τους τρεις πυλώνες της βιωσιμότητας. Ο σκοπός ήταν η παρουσίαση σεναρίων που να ικανοποιούν αποκλειστικά και μόνο την οικονομία, την κοινωνία και το

περιβάλλον στην περίπτωση που μια τέτοια επιλογή κριθεί απαραίτητη. Παρόλα αυτά, τα τελικά σενάρια που θα προταθούν, πρέπει να καλύπτουν και τους τρεις προαναφερθέντες πυλώνες στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Επιλέχθηκαν λοιπόν και αναλύθηκαν σε βάθος, από το σύνολο των 45 σεναρίων τα οκτώ πιο ισορροπημένα σύμφωνα με κάποια κριτήρια που ορίστηκαν. Αποτελούνται από σενάρια αυτονομίας μιας και δύο ημερών με παραχώρηση της περίσσειας ενέργειας στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης χωρίς χρέωση, ενώ παράλληλα μελετάτε και η πώληση της περίσσειας ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης στη τιμή των 0,06€/kWh για τις προαναφερθείσες κατηγορίες αυτονομίας, τόσο για την τρέχουσα όσο και για την αναβαθμισμένη κατάσταση του εξωτερικού φωτισμού του λιμένα.

Από το σύνολο των οκτώ παραπάνω σεναρίων που αναλύθηκαν σε βάθος, αυτό που θεωρώ πως είναι το βέλτιστο και πιο ισορροπημένο ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του λιμένα στο μέγιστο δυνατό βαθμό, είναι αυτό που παρέχει 24 ώρες αυτονομίας μετά την αναβάθμιση του εξωτερικού του φωτισμού, παραχωρώντας την περίσσεια ενέργεια που δεν αποθηκεύει στο κεντρικό δίκτυο της πόλης χωρίς χρέωση. Το σενάριο αυτό αποτελείται από 1.349 kW φωτοβολταϊκών LONGi Solar LR4-60HPH που μεταφράζονται σε 4.352 πάνελ καλύπτοντας $7.928m^2$, 55 τεμάχια της μπαταρίας Gildemeister 30kW συνδεδεμένα σε σειρά και μια ανεμογεννήτρια Thetis EW16. Παράλληλα, παραμένει συνδεδεμένο με το δίκτυο της πόλης για μεγαλύτερη αξιοπιστία λόγω της μη αξιοπιστίας των συστημάτων ΑΠΕ. Αυτή η επιλογή έγινε, διότι το σενάριο αυτονομίας της μίας ημέρας είναι παραπάνω από επαρκές, προκειμένου να λειτουργήσει αδιάκοπα ο λιμένας. Ταυτόχρονα δεν περιλαμβάνεται η οικονομική επιβάρυνση αυτών που προσφέρουν αυτονομία δύο ημερών. Από οικονομικής πλευράς η καθαρή παρούσα αξία του είναι στα 2,48εκ.€, με το ετήσιο κόστος λειτουργίας να είναι 30.878,92€ και τον χρόνο αποπληρωμής στα 8,98 χρόνια με το ισοδύναμο κόστος ενέργειας να είναι στα 0,0940€. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές και ενεργειακές παραμέτρους του σεναρίου αυτού, ο λιμένας ελαφρύνει ετησίως το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης παραχωρώντας 92.110kWh ετησίως δίνοντας την δυνατότητα αγοράς μεγαλύτερων ποσών ενέργειας από τους υπόλοιπους καταναλωτές σε μικρότερη τιμή. Ταυτόχρονα, εξοικονομεί 206.060,94kg ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ετησίως, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής στην περιοχή γύρω από τα εργοστάσια παραγωγής.

6.1 : Προτάσεις για το μέλλον

Παρόλη την εμπειριστατωμένη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τον λιμένα περίπτωσης υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια βελτίωσης των υπάρχοντων μεθόδων καθώς και η δοκιμή νέων συστημάτων που λόγω του περιορισμένου χρόνου δεν μελετήθηκαν.

- Μελέτη για εγκατάσταση μεγαλύτερης ποικιλίας συστημάτων ΑΠΕ.
- Μελέτη για διαστασιολόγηση πιο καινοτόμων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας καθώς και ΑΠΕ.

- Πιο ακριβής και εμπεριστατωμένη φωτοτεχνική μελέτη για περεταίρω μείωση της κατανάλωσης.
- Αξιολόγηση της τοπικής γνώμης για το συγκεκριμένο έργο μέσω αναλυτικών ερωτηματολογίων.
- Μελέτη και αξιολόγηση της φωτοενεργειακής κατάστασης στο εσωτερικό των κτηρίων στον χώρο του λιμένα (μόνωση, κλιματισμός, φωτισμός κτλ.).

Οι παραπάνω προτάσεις μετά την υλοποίησή τους, προσφέρουν μεγαλύτερη ποικιλία επιλογών στα συστήματα αποθήκευσης και παραγωγής ενέργειας, αναλύοντας συγχρόνως πτυχές που επηρεάζουν την κατανάλωση του λιμένα και δεν μελετήθηκαν στον επιθυμητό βαθμό ή και καθόλου.

Κεφάλαιο 7^ο: Παραδοχές και σημειώσεις διπλωματικής

- Τα διαθέσιμα ενεργειακά δεδομένα για την 1^η και 3^η παροχή του λιμένα είναι από το 2010-2019 ενώ για την 2^η από το 2017-2019 λόγω απουσία τηλεμετρίας.
- Τα διαθέσιμα δημογραφικά δεδομένα της επιβατικής ακτοπλοΐας, των κρουαζιερόπλοιων είναι σε μηνιαία βάση από το 2002 έως το 2018.
- Τα διαθέσιμα δημογραφικά δεδομένα της κίνησης των επιβατικών ΙΧ, των φορτηγών, των δίκυκλων και των λεωφορείων είναι σε μηνιαίες τιμές από το 2010-2018.
- Τα διαθέσιμα δημογραφικά δεδομένα των διερχόμενων πλοίων με εμπορεύματα είναι σε ετήσια βάση από το 2015-2019.
- Η κάτοψη δημιουργήθηκε από φωτογραφία του Google Earth με το AutoCAD. Αυτό περιορίζει την ακρίβειά του καθώς η διαγράμμιση έγινε με το χέρι.
- Το τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε με το Revit δεν είναι απόλυτα ακριβές, διότι αρχικά χρησιμοποιήθηκε η παραπάνω κάτοψη του AutoCAD. Επίσης, οι αποστάσεις για να παραχθεί το μοντέλο πάρθηκαν από το Google Earth και Google maps. Τέλος, για τα κτήρια θεωρήθηκε τρία μέτρα το ύψος κάθε ορόφου, διότι ήταν αδύνατη η απόκτηση των δεδομένων αυτών.
- Για το μοντέλο του DIALux χρησιμοποιήθηκε η ίδια κάτοψη όπως και παραπάνω με την ίδια παραδοχή για την απεικόνιση των κτηρίων.
- Για την φωτοτεχνική απεικόνιση της τρέχουσας κατάστασης του λιμένα επειδή δεν ήταν δυνατό να βρεθούν τα συγκεκριμένα φωτιστικά λόγω της παλαιότητάς τους, χρησιμοποιήθηκαν άλλου τύπου με ίδια χαρακτηριστικά.
- Τα νέα φωτιστικά επιλέχθηκαν λόγω της καινοτόμου τεχνολογίας τους για να καλύψουν το ευρύ φάσμα των αναγκών του λιμένα χωρίς να είναι τα πιο προηγμένα που υπάρχουν στην κατηγορία τους.
- Παρόλο που η παροχή τροφοδοσίας του μόλου είναι καταχωρημένη στον Δήμο Ηρακλείου αντί για τον ΟΛΗ, επειδή είναι αναπόσπαστο κομμάτι του λιμένα συμπεριλήφθηκε στην φωτοτεχνική μελέτη χωρίς να ληφθεί υπόψιν η κατανάλωση του.
- Τα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας επιλέχθηκαν λόγω της υψηλής απόδοσής τους. Παρόλα αυτά δεν είναι τα βέλτιστα στην κατηγορία τους λόγω της πληθώρας επιλογών που υπάρχουν.
- Η κατανάλωση του φωτισμού υπολογίστηκε ως το 80% των υπολογισμών σύμφωνα με παραδοχή του ΟΛΗ.
- Το αρνητικό πρόσημο στην στήλη «Καθαρές αγορές δικτύου» από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης αναφέρονται στις πωλήσεις που πραγματοποιεί ο λιμένας, ενώ το θετικό στις αγορές.
- Το ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα υπολογίστηκε έως εξής: Πολλαπλασιάστηκε η ενέργεια που αγόρασε ο λιμένας από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης με το 2,9 για

την μετατροπή του σε πρωτογενής, έπειτα με το $0,989(\frac{kg\ CO_2-eq}{kWh})$ και τέλος, με το 0,78 που είναι το ποσοστό κάλυψης των συμβατικών πηγών του νησιού, για να βρεθούν οι ισοδύναμες εκπομπές του λιμένα για κάθε σενάριο ξεχωριστά.

- Κάθε σενάριο υλοποιήθηκε με ένα είδος μπαταρίας χωρίς συνδυασμούς.
- Τα σενάρια χωρίς αυτονομία απορρίφθηκαν αμέσως από την επιλογή του βέλτιστου ακόμα και αν προσέφεραν ικανοποιητική κάλυψη των αναγκών με ΑΠΕ, διότι στόχος είναι η μέγιστη δυνατή ανεξαρτησία του λιμένα από το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης, καθώς και η αξιοπιστία του έργου που επιτυγχάνεται με τα συστήματα αποθήκευσης.
- Κάθε σενάριο που είχε τιμές στις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω θεωρείται βιώσιμο και υλοποιήσιμο, ενώ όσα βρέθηκαν ακατάλληλα απορρίφθηκαν αυτόματα.
- Εξαιτίας της υψηλής χωρητικότητας ορισμένων μπαταριών, κάποια από τα σενάρια αυτονομίας της μίας και δύο ημερών που προτείνονται, έχουν παραπάνω από 24 και 48 ώρες αυτονομίας.

Κεφάλαιο 8^ο: Βιβλιογραφία

- (Kevin) Park, H., Chang, Y. T., & Zou, B. (2018). Emission control under private port operator duopoly. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114, 40–65. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.03.010>
- Acciaro, M., Ghiara, H., & Cusano, M. I. (2014). Energy management in seaports: A new role for port authorities [Elsevier Ltd]. In *Energy Policy* (Vol. 71). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.013>
- Andreas Poullikkas, George Kourtis, I. H. (2013). I NTERNATIONAL J OURNAL OF renewable energy sources. *International Journal of Energy and Environment*, 4(6), 975–1002. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/22188315>
- Barnes-Dabban, H., van Koppen, C. S. A. (Kris., & van Tatenhove, J. P. M. (2018). Regional convergence in environmental policy arrangements: A transformation towards regional environmental governance for West and Central African ports? *Ocean and Coastal Management*, 163, 151–161. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.06.013>
- Bergqvist, R., & Monios, J. (2019). Green Ports in Theory and Practice. In *Green Ports* (pp. 1–17). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814054-3.00001-3>
- Carpenter, A., Lozano, R., Sammalisto, K., & Astner, L. (2018). Securing a port's future through Circular Economy: Experiences from the Port of Gävle in contributing to sustainability. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 539–547. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.065>
- Di Vaio, A., & Varriale, L. (2018). Management innovation for environmental sustainability in seaports: Managerial accounting instruments and training for competitive green ports beyond the regulations. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/su10030783>
- Gonzalez Aregall, M., Bergqvist, R., & Monios, J. (2018). A global review of the hinterland dimension of green port strategies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.013>
- Harfoot, M. B. J., Tittensor, D. P., Knight, S., Arnell, A. P., Blyth, S., Brooks, S., Butchart, S. H. M., Hutton, J., Jones, M. I., Kapos, V., Scharlemann, J. P. W., & Burgess, N. D. (2018). Present and future biodiversity risks from fossil fuel exploitation. In *Conservation Letters* (Vol. 11, Issue 4). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1111/conl.12448>
- Hentschel, M., Ketter, W., & Collins, J. (2018). Renewable energy cooperatives: Facilitating the energy transition at the Port of Rotterdam. *Energy Policy*, 121, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.014>
- Höök, M., & Tang, X. (2013). Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change-A review. *Energy Policy*, 52, 797–809. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.046>
- Implementing Energy Efficiency Design Index (EEDI)*. (n.d.).
- Koundouraki_Eleni_MSc_2019*. (n.d.).
- Lalla-Ruiz, E., Heilig, L., & Voß, S. (2019). Environmental Sustainability in Ports. In *Sustainable Transportation and Smart Logistics* (pp. 65–89). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814242-4.00003-x>
- Lighting of work places-Part 2: Outdoor work places*. (2007).

- Maritime Organization, I. (n.d.). *AMENDMENTS TO THE STANDARDS FOR PROCEDURES AND ARRANGEMENTS FOR THE DISCHARGE OF NOXIOUS LIQUID SUBSTANCES*.
- Our world in data*. (n.d.). <https://ourworldindata.org/>
- Pallis, A. A., & Vaggelas, G. K. (2019). Cruise Shipping and Green Ports. In *Green Ports* (pp. 255–273). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814054-3.00013-x>
- Port of Helsinki 100% carbon neutral by 2035*. (n.d.).
- Poulsen, R. T., Ponte, S., & Sornn-Friese, H. (2018). Environmental upgrading in global value chains: The potential and limitations of ports in the greening of maritime transport. *Geoforum*, 89, 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.01.011>
- RESOLUTION MEPC.320(74) 2019 GUIDELINES FOR CONSISTENT IMPLEMENTATION OF THE 0.50% SULPHUR LIMIT UNDER MARPOL ANNEX VI*. (n.d.). https://www.cimac.com/cms/upload/workinggroups/WG7/CIMAC_WG7_2015_01_Guideline_Cold
- Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*. (2012).
- Tsai, Y. T., Liang, C. J., Huang, K. H., Hung, K. H., Jheng, C. W., & Liang, J. J. (2018). Self-management of greenhouse gas and air pollutant emissions in Taichung Port, Taiwan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 576–587. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.07.001>
- US10165656*. (n.d.).
- Vejvar, M., Lai, K. hung, Lo, C. K. Y., & Fürst, E. W. M. (2018). Strategic responses to institutional forces pressuring sustainability practice adoption: Case-based evidence from inland port operations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 274–288. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.08.014>
- Wan, C., Zhang, D., Yan, X., & Yang, Z. (2018). A novel model for the quantitative evaluation of green port development – A case study of major ports in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 431–443. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.021>
- Wang, K., Yan, X., Yuan, Y., Jiang, X., Lin, X., & Negenborn, R. R. (2018). Dynamic optimization of ship energy efficiency considering time-varying environmental factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 685–698. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.005>
- Woo, J. K., Moon, D. S. H., & Lam, J. S. L. (2018). The impact of environmental policy on ports and the associated economic opportunities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 110, 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.001>
- Wu, X., Zhang, L., & Dong, Y. wei. (2019). Towards sustainability in Xiamen Harbor, China. In *Regional Studies in Marine Science* (Vol. 27). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100552>
- Xu, X., Zhang, Q., Wang, W., Peng, Y., Song, X., & Jiang, Y. (2018). Modelling port competition for intermodal network design with environmental concerns. *Journal of Cleaner Production*, 202, 720–735. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.018>
- Yigit, K., & Acarkan, B. (2018). A new electrical energy management approach for ships using mixed energy sources to ensure sustainable port cities. *Sustainable Cities and Society*, 40, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.004>
- Zhang, C., Wei, Y. L., Cao, P. F., & Lin, M. C. (2018). Energy storage system: Current studies on

batteries and power condition system. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 82, pp. 3091–3106). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.030>

Ενεργειακό μείγμα 2018 Ιουλίου 2019 διεύθυνση εγγυήσεων προελεύσεως και ενεργειακού μείγματος. (n.d.).

Ευρωπαϊκή στρατηγική για την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών. (n.d.).

ΚΑΤ' ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2016/ 2071 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ - της 22ας Σεπτεμβρίου 2016 - για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) 2015/ 757 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τις μεθόδους για την παρακολούθηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, τους κανόνες παρακολούθησης και άλλες σχετικές πληροφορίες. (n.d.).

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή: Αρχές Αειφορίας. (n.d.).

Πληροφοριακό Δελτίο Παραγωγής στα. (n.d.).

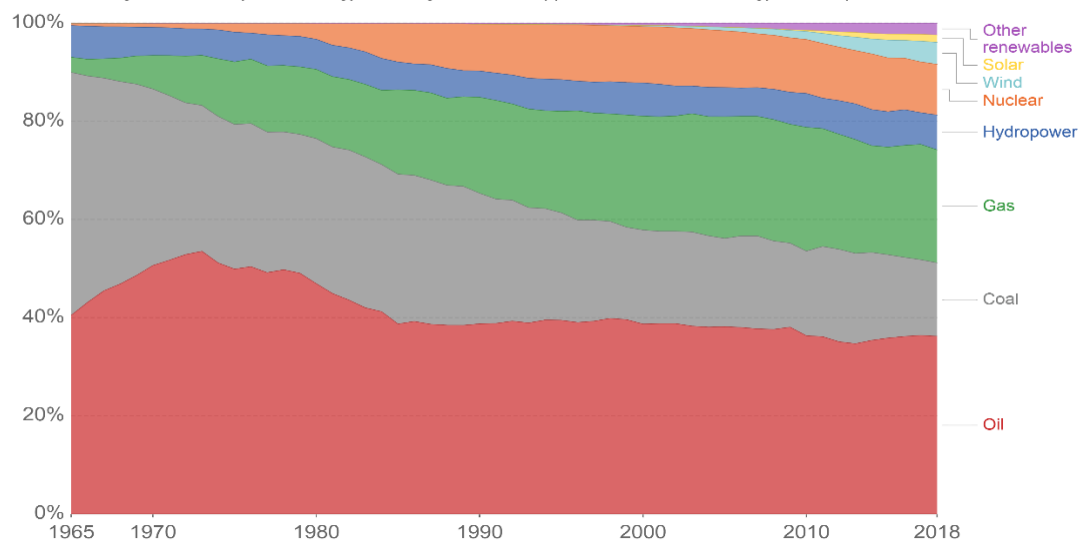
Συνολική Παραγωγή GWh ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΒ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΒ ΕΙΔΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ NET METERING. (n.d.).

Παράρτημα

Energy consumption by source, Europe

Energy consumption is measured in terawatt-hours (TWh). Here an inefficiency factor has been applied for fossil fuels, meaning the shares by each energy source give a better approximation of final energy consumption.

Our World
in Data

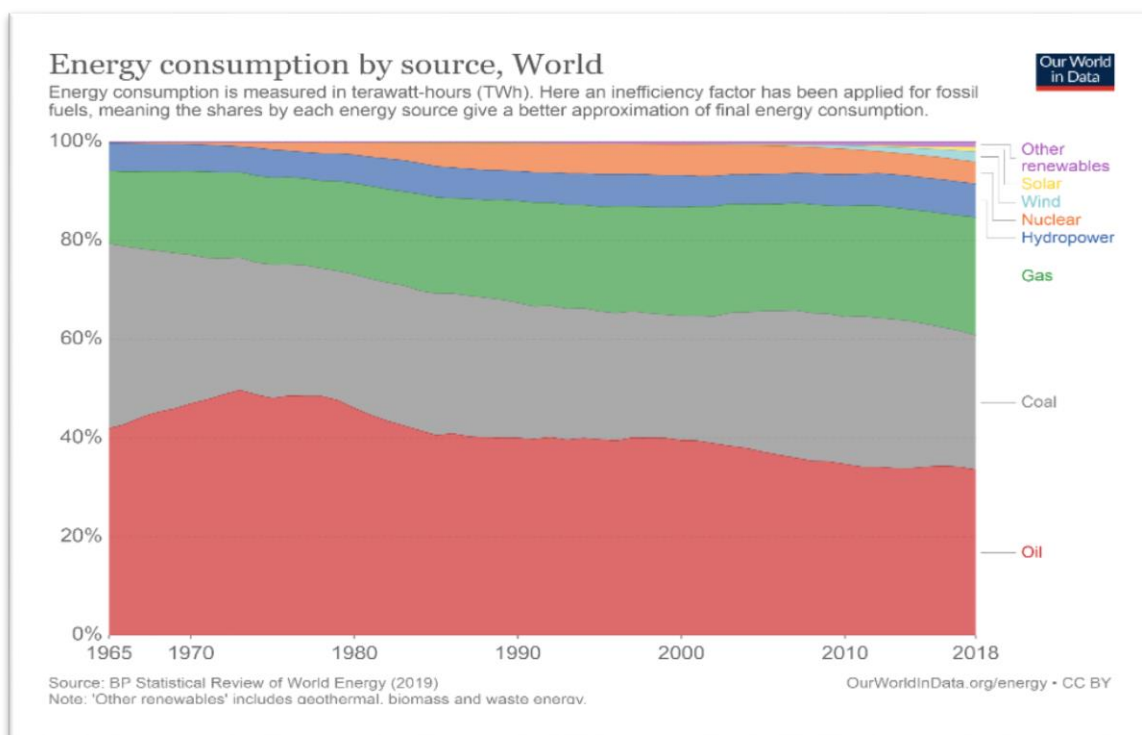


Source: BP Statistical Review of World Energy (2019)

Note: 'Other renewables' includes geothermal, biomass and waste energy.

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Εικόνα 87. Ενεργειακή κατανάλωση ανά πηγή στην Ευρωπαϊκή Ένωση(Our World in Data, n.d.)

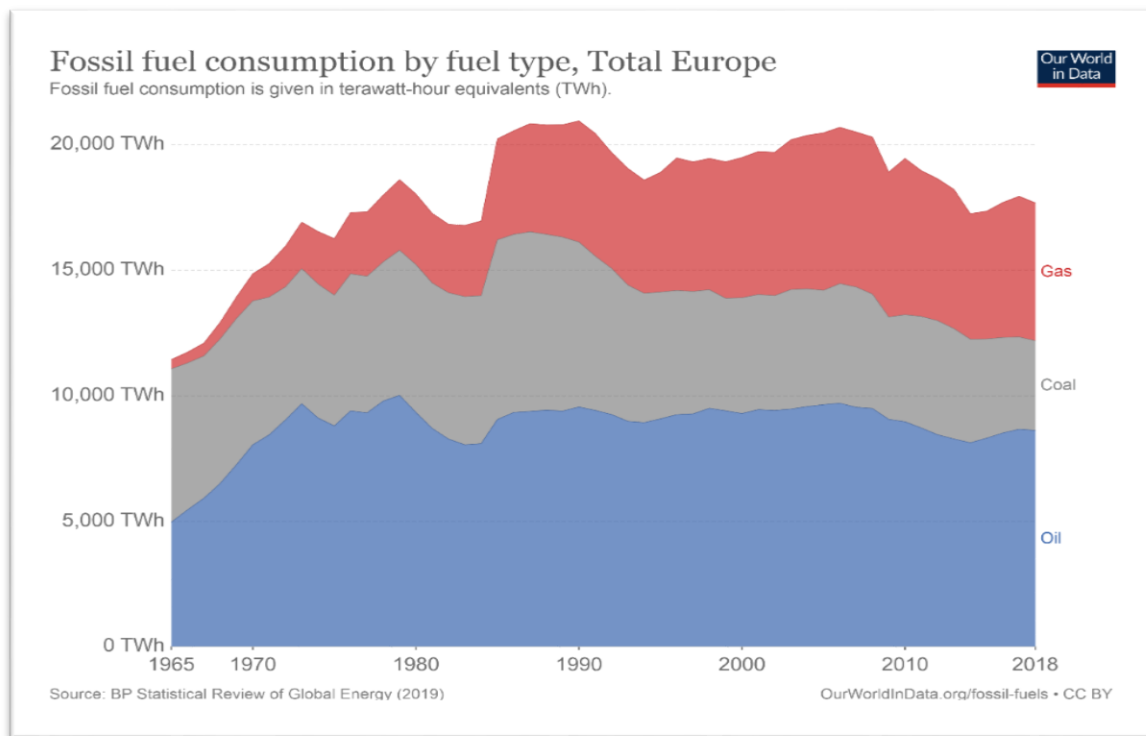


Source: BP Statistical Review of World Energy (2019)

Note: 'Other renewables' includes geothermal, biomass and waste energy.

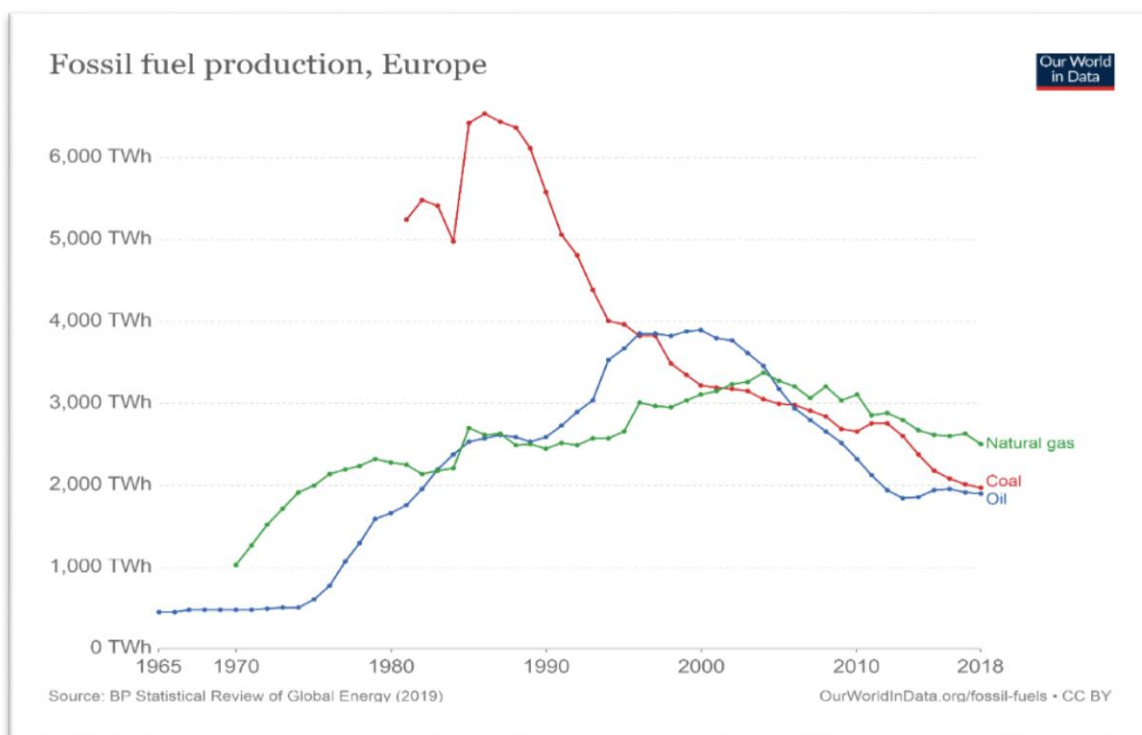
OurWorldInData.org/energy • CC BY

Εικόνα 88. Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά πηγή(Our World in Data, n.d.)



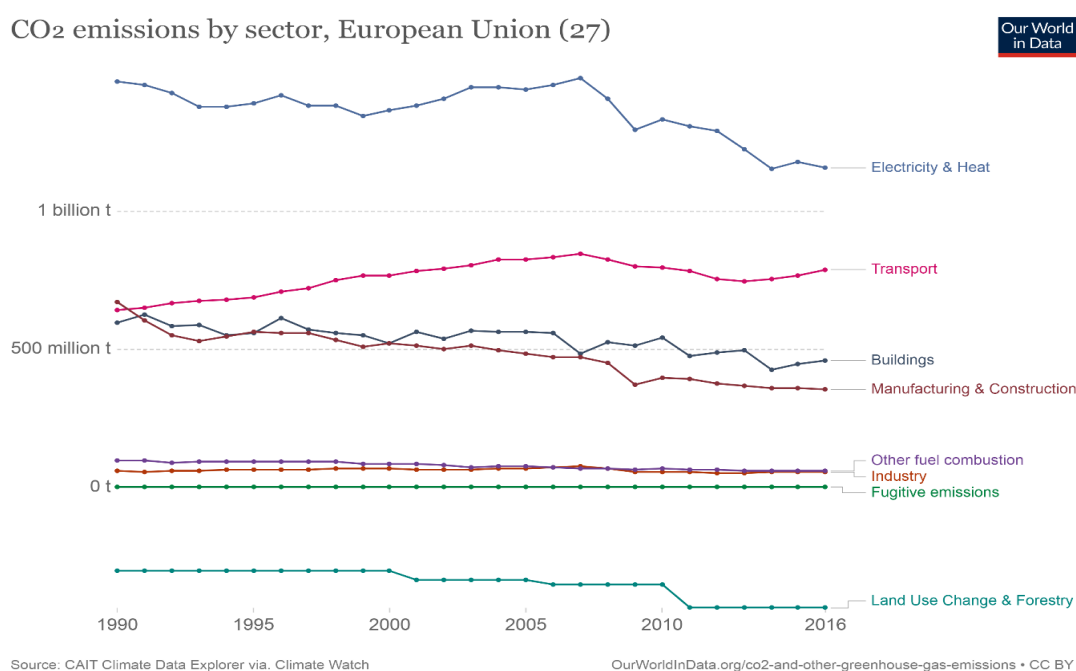
Εικόνα 89. Παγκόσμια παραγωγή ορυκτών καυσίμων(Our World in Data, n.d.)

Η Ευρώπη όπως απεικονίζει το παραπάνω διάγραμμα την δεκαετία του 70' εισήγαγε το φυσικό αέριο και την επόμενη δεκαετία την πυρηνική σαν μορφές παραγωγής ενέργειας, λιγότερο ρυπογόνες από αυτές που χρησιμοποιούσε μέχρι τότε. Η μετάβαση σε πιο πράσινη ενέργεια πραγματοποιήθηκε μετά την αλλαγή του αιώνα, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται τις τελευταίες δεκαετίες. Σε παγκόσμια κλίμακα ακολουθήθηκε παρόμοια ροή στην επιλογή καυσίμων, καθώς και στην μετάβαση σε πιο φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους παραγωγής.



Εικόνα 90. Παραγωγή ορυκτών καυσίμων στην ΕΕ(Our World in Data, n.d.)

Ένας επιπλέον στόχος που τέθηκε κατά την μετάβαση από συμβατικούς σε αιεφόρους τρόπους παραγωγής ενέργειας ήταν η ανεξαρτητοποίηση της ΕΕ από την αγορά των ορυκτών καυσίμων, αφού παράγει λιγότερα καύσιμα από αυτά που καταναλώνει. Πιο αναλυτικά το έτος 2018 κατανάλωσε συνολικά 17.690TWh ενέργειας από συμβατικές πηγές, ενώ παρήγαγε ορυκτά καύσιμα αξίας μόνο 6.380TWh.



Εικόνα 91. Εκπομπές CO₂ ανά τομέα στην ΕΕ(Our World in Data, n.d.)

Στον χώρο της ΕΕ υπάρχουν τέσσερις κύριοι τομείς που ευθύνονται για την συντριπτική πλειοψηφία του παραγόμενου CO_2 . Για το έτος 2016 αυτός που κυριαρχεί είναι η ηλεκτροπαραγωγή και η θέρμανση με 1,16 δις. τόνους, οι μεταφορές έρχονται δεύτερες με 789 εκ. τόνους, με τις υπόλοιπες κτηριακές εκπομπές να ανέρχονται στους 460,4 εκ. τόνους και τελευταία είναι η κατηγορία της μεταποίησης και των κατασκευών με και 355,4 εκ. τόνους. Παράλληλα, σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί στο κομμάτι της αναδάσωσης με 435,84 εκ. τόνους να έχουν απορροφηθεί για το ίδιο έτος. Από τους προαναφερθείσαντες τομείς αυτός της ηλεκτροπαραγωγής και της θέρμανσης μαζί με αυτόν της μεταποίησης και των κατασκευών έχουν σταθερή πτώση τα τελευταία χρόνια, ενώ ο τομέας των μεταφορών και της αναδάσωσης έχει μια μικρή αύξηση για το ίδιο χρονικό διάστημα.

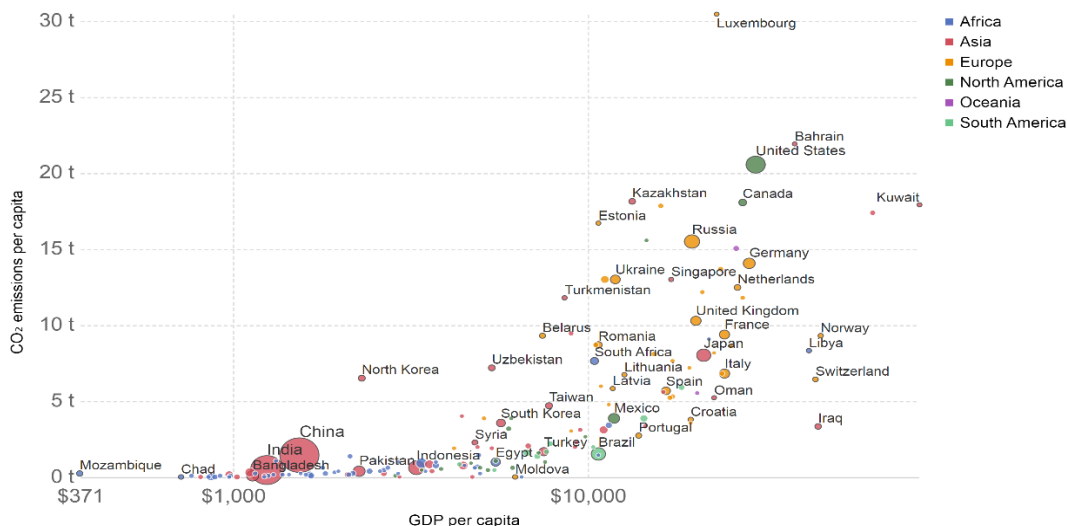
Οικονομία εκλυόμενων ρύπων

Με την ανακάλυψη τους τα ορυκτά καύσιμα συνδέθηκαν αυτόματα με την αύξηση της απόδοσης και της παραγωγής στην βιομηχανία και το εμπόριο. Αυξήθηκαν κατακόρυφα οι θέσεις εργασίας και κατ' επέκταση ο πλούτος της εκάστοτε χώρας που είχε τα μέσα και τον τρόπο να τα παράξει και να τα εκμεταλλευτεί. Τα δύο παρακάτω γραφήματα δείχνουν στην πράξη, πως η οικονομία κάθε χώρας επηρεάστηκε από την αύξηση των εκλυόμενων ρύπων από την χρήση των ορυκτών καυσίμων σε σχέση με το ΑΕΠ ανά κάτοικο.

CO₂ emissions per capita vs GDP per capita, 1980

Carbon dioxide (CO₂) emissions per capita are measured in tonnes per person per year. Gross domestic product (GDP) per capita is measured in international-\$ in 2011 prices to adjust for price differences between countries and adjust for inflation.

Our World
in Data



Source: Global Carbon Project; Maddison (2017)

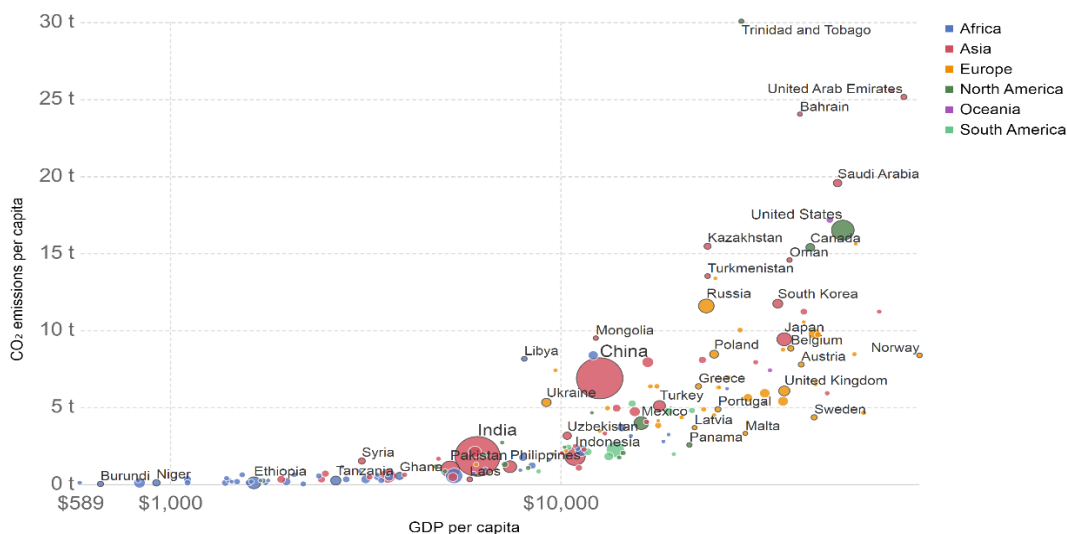
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Εικόνα 92. Εκπομπές CO₂ ανά κάτοικο προς ΑΕΠ ανά κάτοικο το 1980(Our World in Data, n.d.)

CO₂ emissions per capita vs GDP per capita, 2016

Carbon dioxide (CO₂) emissions per capita are measured in tonnes per person per year. Gross domestic product (GDP) per capita is measured in international-\$ in 2011 prices to adjust for price differences between countries and adjust for inflation.

Our World
in Data



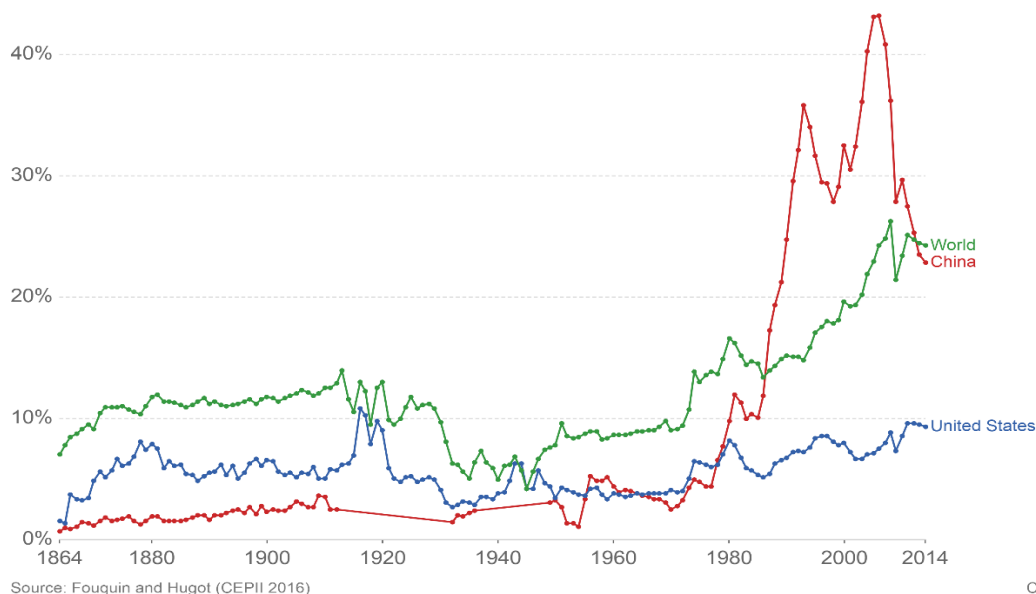
Εικόνα 93. Εκπομπές CO₂ ανά κάτοικο προς ΑΕΠ ανά κάτοικο το 2016(Our World in Data, n.d.)

Από τις παραπάνω χώρες αυτή με ίσως την μεγαλύτερη ανάπτυξη τις τελευταίες δεκαετίες αλλά σίγουρα με την μεγαλύτερη παγκόσμια επίδραση είναι η Κίνα. Ξεκινώντας ως μια από τις πιο φτωχές χώρες με 1,47 τόνους CO₂ και 1.539\$ ανά κάτοικο το 1980, κατέληξε με 6,91 τόνους CO₂ και 12.569\$ το 2016, χάρη στην ορθή εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων για την αύξηση της παραγωγής και των εξαγόμενων προϊόντων. Παρόλο, που υπάρχουν χώρες με μεγαλύτερες εκπομπές από αυτήν λόγω του μεγάλου πληθυσμού της, είναι αυτή που έχει και τη μεγαλύτερη επίδραση στην κλιματική αλλαγή.

Value of exported goods as share of GDP

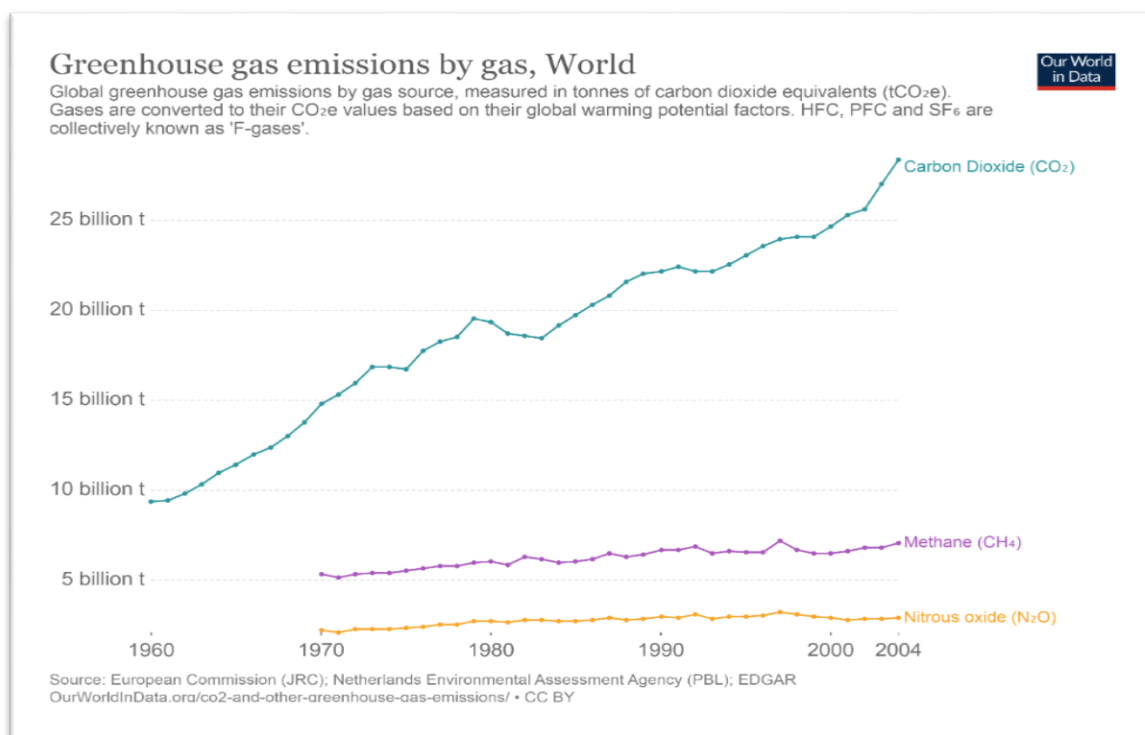
Estimates correspond to merchandise export-to-GDP ratios.

Our World
in Data



Εικόνα 94. Παγκόσμια αξία εξαγομένων αγαθών ως μέρος του ΑΕΠ(Our World in Data, n.d.)

Η Κίνα πραγματοποίησε μία απότομη οικονομική ανάπτυξη της τάξεως του 40% σε περίπου δύο δεκαετίες, ενώ για παράδειγμα οι ΗΠΑ είχε σταθερή διακύμανση για το ίδιο διάστημα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρέμεινε πάνω από την παγκόσμια μέση τιμή για το ίδιο χρονικό διάστημα, ενώ έπεσε κάτω από αυτή για πρώτη φορά το 2013, κάτι που συνέβη ξανά το 1986. Συνοψίζοντας τα παραπάνω γραφήματα, η ραγδαία αύξηση της αξίας του εμπορίου που πραγματοποιήθηκε από το 1980 και έπειτα, πέρα από την αύξηση του ΑΕΠ και κατ' επέκταση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων κάθε χώρας, είχε και σαν αποτέλεσμα την εξίσου ραγδαία αύξηση των εκπομπών του CO₂, με τη μεγαλύτερη συνεισφορά αυτή της Κίνας κυρίως λόγω του μεγάλου της πληθυσμού, της έκτασής της και των εξαγόμενων προϊόντων της.



Εικόνα 95. Παγκόσμιες εκπομπές CO₂, CH₄ και NO₂(Our World in Data, n.d.)

Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές φορές δραστηριότητες του ίδιου του λιμανιού εκλύουν περισσότερους αέριους ρύπους από τις μεταφορές που πραγματοποιούνται. Αυτή η αύξηση φτάνει συχνά και το 50% όπως απεικονίζουν οι μετρήσεις του λιμανιού του Felixstone της Αγγλίας με 138 χιλ. τόνους CO₂ έναντι των 71,5 χιλ. τόνων CO₂ αντίστοιχα.

Πέρα από τις εκλύσεις ρύπων των πλοίων και των μετακινήσεων από και προς το λιμάνι, στους ρύπους αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι φορτοεκφορτώσεις των εμπορευμάτων από τους γερανούς και η οποιαδήποτε βιομηχανική δραστηριότητα που υπάρχει στην περιοχή του λιμένα. Στις μεγάλες εγκαταστάσεις ανά τον κόσμο είναι σύνηθες να υπάρχει μια βιομηχανική ζώνη εντός των ορίων του λιμένα, ώστε να διευκολυνθεί η μεταφορά και εξαγωγή των παραγόμενων προϊόντων μέσω αυτού. Οι ζώνες αυτές εκτός από αέριους ρύπους παράγουν και χημικά απόβλητα. Σε τέτοιες περιπτώσεις η νομοθεσία ορίζει την δημιουργία μιας εγκατάστασης κατάλληλης για την επεξεργασία τέτοιων αποβλήτων κοντά στην περιοχή. Ακόμα και στις σπάνιες περιπτώσεις που γίνεται η επεξεργασία αυτή, το απόβλητο δεν είναι εντελώς απαλλαγμένο από ρύπους με αποτέλεσμα ο υδάτινος αποδέκτης να επιβαρύνεται και να τίθεται σε κίνδυνο το φυσικό περιβάλλον.

Από τα παραπάνω νούμερα αντιλαμβάνεται κανείς ότι η ρύπανση από τις δραστηριότητες στον χώρο του λιμένα είναι εκτεταμένη, με τις επιπτώσεις της να ποικίλουν από την ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου μέχρι χρόνια αναπνευστικά. Πολλές είναι οι περιπτώσεις όπου η ατμόσφαιρα στην περιοχή του λιμένα είναι αποπνικτική από τους αέριους αυτούς ρύπους, ενώ

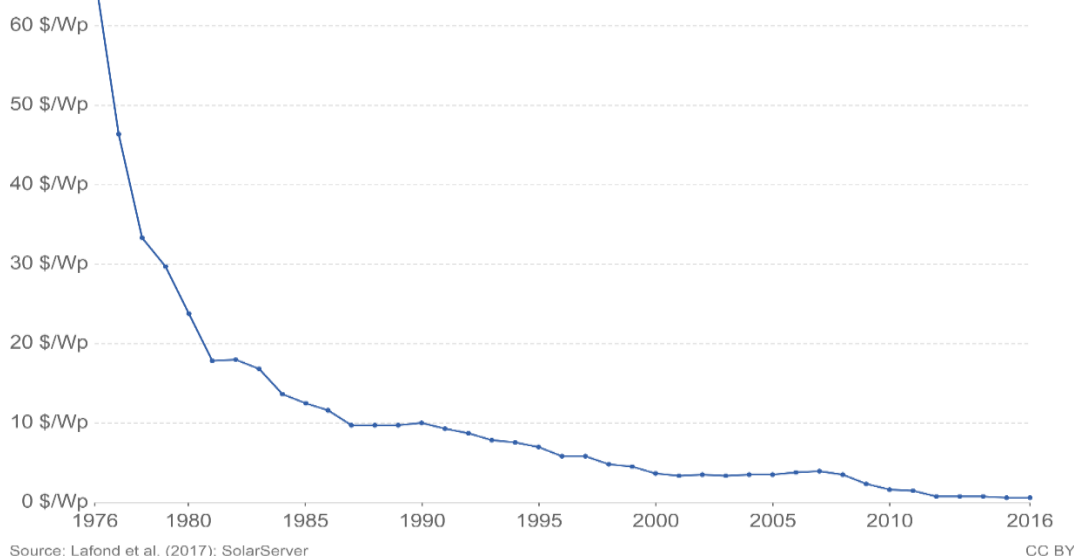
δεν είναι λίγες οι φορές όπου μεταφέρονται λόγω των καιρικών συνθηκών στην ενδοχώρα, επιβαρύνοντας την τοπική υγεία.

Εξέλιξη τιμών στις ΑΠΕ

Στην προσπάθεια αντιμετώπισης της ενεργειακής κρίσης εξελίχτηκε η τεχνολογία των ανανεώσιμων πηγών, ώστε να γίνουν πιο βιώσιμες οικονομικά για να διαδοθούν στο ευρύ κοινό. Το αποτέλεσμα με την πάροδο του χρόνου είναι η κατακόρυφη πτώση του κόστους παραγωγής τους. Έτσι, έγιναν εύκολα προσβάσιμες σαν μια εναλλακτική βιώσιμη λύση παραγωγής ενέργειας τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά.

Solar PV module prices

Global average price of solar photovoltaic (PV) modules, measured as the cost per unit of energy output.



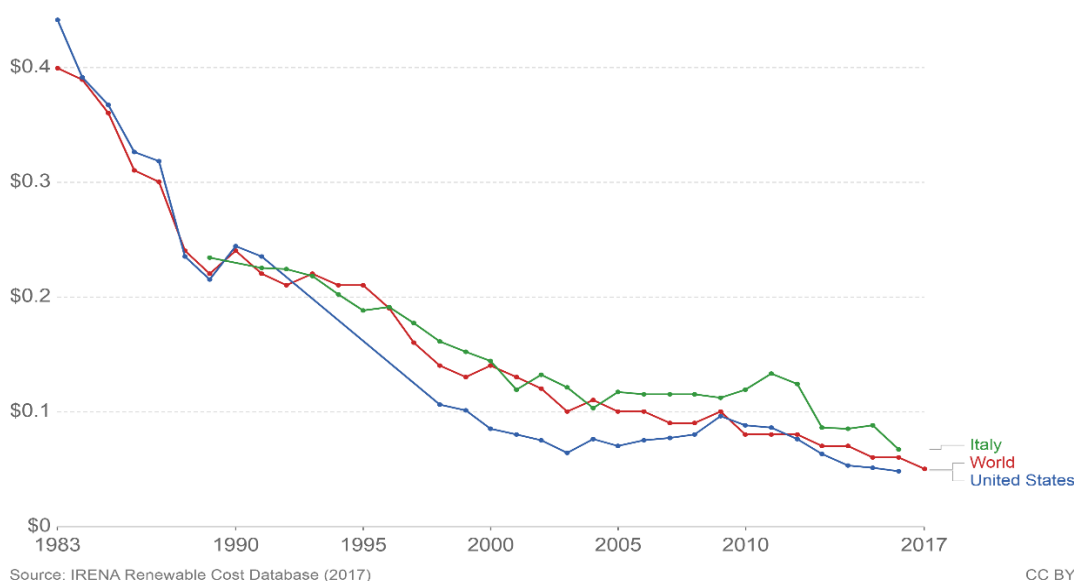
Εικόνα 96. Κόστος φωτοβολταϊκού PVWp(Our World in Data, n.d.)

Πιο συγκεκριμένα, η επένδυση στην τεχνολογία και στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών συστημάτων επέφερε ραγδαία πτώση στην τιμή τους. Πριν ακριβώς δύο δεκαετίες η τιμή ενός PV_{Wp} ήταν στα 5,88\$ ενώ το 2016 έπεσε στα 0,62\$ καθιστώντας αυτήν την τεχνολογία κερδοφόρα και προσιτή στο ευρύ κοινό .

Onshore wind cost per kilowatt-hour

The levelized cost of electricity (LCOE) from onshore wind, given in 2016 USD per kilowatt-hour (kWh). This is given as the annual weighted average across in the world, in addition to select countries where data is available.

Our World
in Data



Εικόνα 97. Κόστος παράκτιας παραγωγής ενέργειας από άνεμο ανά kWh(Our World in Data, n.d.)

Την ίδια πορεία ακολούθησε και η παραγωγή ενέργειας από άνεμο με τις παγκόσμιες τιμές του κόστους για το 1996 να είναι στα 0,16\$/kWh, ενώ το 2017 έπεσε στα 0,05\$/kWh. Αξιοσημείωτο είναι ότι πρωτοπόρος σε αυτήν την κατηγορία παρέμεινε η Αμερική με τιμές χαμηλότερες από τις παγκόσμιες για πάνω από 25 χρόνια, ενώ οι τιμές της Ιταλίας την τελευταία δεκαετία είναι πάνω από τον παγκόσμιο μέσο όρο καθιστώντας την παρούσα τεχνολογία πιο δαπανηρή και λιγότερο προσιτή στην χώρα αυτή.

1^η παροχή

Πίνακας 39. Προφίλ κατανάλωσης 1ης παροχής

Μήνες	EY (kWh)	EX (kWh)	AE (kVAr)	ΗΠΚ (days)	MZA (kW)	MZ (kW)	KMZ (kW)	συνφ	Σ.ΧΡΣ	XZ (kW)
Ιανουάριος	30.855,82	24.416,50	154,76	31	42,44	125,88	125,88	1,000	0,590	130,1
Φεβρουάριος	24.979,78	21.052,84	128,89	28	83,7	118,62	118,62	1,000	0,577	110,7
Μάρτιος	22.697,62	21.069,94	122,55	31	29,32	113,8	113,8	1,000	0,517	117,6
Απρίλιος	16.662,54	19.907,60	102,40	30	28,44	103,94	103,94	1,000	0,489	103,9
Μάιος	14.919,90	18.418,20	93,35	31	28,48	104,32	104,32	1,000	0,430	107,8
Ιούνιος	12.353,78	16.469,02	80,70	30	30,98	93,12	93,18	1,000	0,430	93,1
Ιούλιος	12.289,26	17.073,64	82,22	31	17,86	88,88	89	1,000	0,443	91,8
Αύγουστος	12.702,60	17.799,96	85,41	31	17,02	90,18	90,18	1,000	0,455	93,2
Σεπτέμβριος	15.094,32	18.518,06	94,11	30	76,98	108,58	109,82	1,000	0,425	108,6
Οκτώβριος	17.813,04	18.611,08	101,99	31	15,52	107,46	182,62	1,000	0,268	111,0
Νοέμβριος	23.280,50	21.194,38	124,53	30	22,6	110,48	110,48	1,000	0,559	110,5
Δεκέμβριος	11.757,22	9.901,86	60,65	31	22,98	107,6	107,6	1,000	0,271	111,2

Πίνακας 40. Υπολογισμός τιμολογίου 1ης παροχής

Μήνες	Αξία XZ (€)	Αξία EY (€)	Αξία EX (€)	ΕΣΜ (€)	ΕΔΔ (€)	ΥΚΟ (€)	ΕΤΜΕΑΡ (€)	ΛΠ (€)	ΕΦΚ (€)	Ειδικό τέλος 5‰(€)	CO ₂ (€)	ΦΠΑ (€)	Σύνολο (€)	ΚΕ λεπτά(€)/ kWh
Ιανουάριος	866,47	2.173,79	1.354,63	155,70	297,46	989,37	485,29	3,87	276,36	32,58	398,51	422,04	7.456,08	1,35
Φεβρουάριος	737,26	1.759,83	1.168,01	132,52	250,34	823,98	404,17	3,22	230,16	27,19	331,90	352,11	6.220,69	1,35
Μάρτιος	783,22	1.599,05	1.168,96	140,76	251,55	783,44	384,28	3,06	218,84	26,32	315,56	340,50	6.015,55	1,37
Απρίλιος	691,97	1.173,88	1.104,47	124,42	216,42	654,61	321,09	2,56	182,85	22,07	263,67	285,48	5.043,49	1,38
Μάιος	717,95	1.051,11	1.021,84	129,03	211,60	596,75	292,71	2,33	166,69	20,69	240,37	267,06	4.718,13	1,42
Ιούνιος	620,05	870,32	913,70	111,54	182,92	515,93	253,06	2,02	144,11	17,84	207,81	230,36	4.069,66	1,41
Ιούλιος	611,39	865,78	947,25	110,08	183,10	525,60	257,81	2,06	146,81	18,02	211,71	232,78	4.112,38	1,40
Αύγουστος	620,71	894,90	987,54	111,54	187,63	546,00	267,81	2,14	152,51	18,61	219,92	240,56	4.249,87	1,39
Σεπτέμβριος	723,28	1.063,39	1.027,38	131,45	214,59	601,66	295,12	2,35	168,06	20,87	242,35	269,43	4.759,92	1,42
Οκτώβριος	739,26	1.254,93	1.032,54	225,88	309,00	651,99	319,80	2,55	182,12	23,30	262,62	300,24	5.304,23	1,46
Νοέμβριος	735,93	1.640,11	1.175,86	132,24	245,73	796,10	390,49	3,11	222,37	26,36	320,66	341,34	6.030,30	1,36
Δεκέμβριος	740,59	828,30	549,36	133,09	182,62	387,70	190,17	1,52	108,30	15,44	156,16	197,60	3.490,85	1,61
Σύνολο	8.588,08	15.175,39	12.451,54	1.638,25	2.732,96	7.873,13	3.861,80	30,79	2.199,18	269,29	3.171,24	3.479,50	61.471,15	1,41

Πίνακας 41. Κόστος παγίων 1ης παροχής

Μήνες	ΚΠ(€)	ΚΠ ανά καταναλισκόμενη ενέργεια (λεπτά(€)/kWh)
Ιανουάριος	3.505,61	6,34
Φεβρουάριος	2.940,74	6,39
Μάρτιος	2.907,03	6,64
Απρίλιος	2.479,66	6,78
Μάιος	2.378,12	7,13
Ιούνιος	2.055,28	7,13
Ιούλιος	2.066,58	7,04
Αύγουστος	2.126,87	6,97
Σεπτέμβριος	2.399,73	7,14
Οκτώβριος	2.716,52	7,46
Νοέμβριος	2.872,99	6,46
Δεκέμβριος	1.915,59	8,84
Σύνολο	30.364,72	7,03

2^η παροχή

Πίνακας 42. Προφίλ κατανάλωσης 2ης παροχής

Μήνες	EY (kWh)	EX (kWh)	AE (kVAr)	ΗΠΚ (days)	MZA (kW)	MZ (kW)	KMZ (kW)	συνφ	Σ.ΧΡΣ	XZ(kW)
Ιανουάριος	75.753,00	35.491,50	311,48	31	201,75	220,5	220,5	1,00	0,68	227,90
Φεβρουάριος	67.611,75	32.913,00	281,47	28	249,75	255,75	255,75	1,00	0,59	238,70
Μάρτιος	61.957,50	32.651,25	264,90	31	195	204,75	204,75	1,00	0,62	211,60
Απρίλιος	58.206,75	32.758,50	254,70	30	174,75	216	216	1,00	0,59	216,00
Μάιος	62.876,25	32.310,00	266,52	31	207,75	211,5	234,75	1,00	0,55	218,60
Ιούνιος	82.444,50	32.406,75	321,58	30	270,75	270,75	270,75	1,00	0,59	270,80
Ιούλιος	99.693,00	36.257,25	380,66	31	290,25	291	291	1,00	0,63	300,70
Αύγουστος	100.924,50	38.103,00	389,28	31	278,25	278,25	278,25	1,00	0,67	287,50
Σεπτέμβριος	82.110,75	35.792,25	330,13	30	252,75	258,75	258,75	1,00	0,63	258,80
Οκτώβριος	76.405,50	39.083,25	323,37	31	222,75	270,75	336,75	1,00	0,46	279,80
Νοέμβριος	70.347,75	36.833,25	300,11	30	174	251,25	252,75	1,00	0,59	251,30
Δεκέμβριος	35.643,75	18.242,25	150,88	31	167,25	216	222	1,00	0,33	223,20

Πίνακας 43. Υπολογισμός τιμολογίου 2ης παροχής

Μήνες	Αξία XZ (€)	Αξία EY (€)	Αξία EX (€)	ΕΣΜ (€)	ΕΣΔ (€)	ΥΚΟ (€)	ΕΤΜΕΑΡ (€)	ΛΧ (€)	ΕΦΚ (€)	Ειδικό τέλος 5%(€)	CO ₂ (€)	ΦΠΑ (€)	Σύνολο (€)	ΚΕ λεπτά(€)/ kWh
Ιανουάριος	1.517,81	5.336,80	1.969,07	272,74	561,44	1.793,03	976,73	7,79	556,22	64,08	802,07	831,47	14.689,25	1,37
Φεβρουάριος	1.589,74	4.763,25	1.826,01	285,72	543,32	1.587,10	882,61	7,04	502,62	59,15	724,78	766,28	13.537,62	1,40
Μάρτιος	1.409,26	4.364,91	1.811,49	253,26	497,00	1.486,19	830,66	6,62	473,04	54,92	682,13	712,17	12.581,65	1,38
Απρίλιος	1.438,56	4.100,67	1.817,44	258,55	491,65	1.398,25	798,67	6,37	454,83	53,11	655,86	688,44	12.162,40	1,39
Μάιος	1.455,88	4.429,63	1.792,56	290,36	532,63	1.455,17	835,74	6,66	475,93	55,63	686,29	720,99	12.737,47	1,39
Ιούνιος	1.803,53	5.808,22	1.797,93	324,09	618,60	1.770,55	1.008,39	8,04	574,26	67,67	828,08	876,56	15.485,92	1,40
Ιούλιος	2.002,66	7.023,37	2.011,55	359,94	710,53	2.090,12	1.193,64	9,52	679,75	79,34	980,20	1.028,44	18.169,06	1,39
Αύγουστος	1.914,75	7.110,13	2.113,95	344,17	704,69	2.125,17	1.220,66	9,73	695,14	80,10	1.002,39	1.039,25	18.360,13	1,38
Σεπτέμβριος	1.723,61	5.784,70	1.985,75	309,72	613,98	1.801,26	1.035,19	8,25	589,52	68,33	850,08	886,22	15.656,61	1,38
Οκτώβριος	1.863,47	5.382,77	2.168,34	416,53	705,10	1.700,80	1.013,99	8,08	577,44	68,28	832,67	884,25	15.621,72	1,40
Νοέμβριος	1.673,66	4.956,00	2.043,51	302,54	577,37	1.638,60	941,05	7,50	535,91	62,54	772,78	810,69	14.322,14	1,39
Δεκέμβριος	1.486,51	2.511,10	1.012,08	274,59	402,53	815,27	473,12	3,77	269,43	35,82	388,52	460,36	8.133,10	1,51
Σύνολο	19.879,44	61.571,55	22.349,68	3.692,21	6.958,84	19.661,51	11.210,45	89,37	6.384,09	748,97	9.205,85	9.705,12	171.457,08	1,40

Πίνακας 44. Κόστος παγίων 2ης παροχής

Μήνες	ΚΠ(€)	ΚΠ ανά καταναλισκόμενη ενέργεια (λεπτά(€)/kWh)
Ιανουάριος	6.551,91	5,89
Φεβρουάριος	6.182,08	6,15
Μάρτιος	5.693,08	6,02
Απρίλιος	5.555,85	6,11
Μάιος	5.794,29	6,09
Ιούνιος	7.003,21	6,10
Ιούλιος	8.105,70	5,96
Αύγουστος	8.096,80	5,82
Σεπτέμβριος	6.999,94	5,94
Οκτώβριος	7.186,36	6,22
Νοέμβριος	6.511,95	6,08
Δεκέμβριος	4.149,56	7,70
Σύνολο	77.830,73	6,17

3^η παροχή

Πίνακας 45. Προφίλ κατανάλωσης 3ης παροχής

Μήνες	EY (kWh)	EX (kWh)	AE (kVAr)	ΗΠΚ (days)	MZA (kW)	MZ (kW)	KMZ (kW)	συνφ	Σ.ΧΡΣ	XZ (kW)
Ιανουάριος	42.462,14	13.340,64	156,25	31	118,12	120,52	120,52	1,00	0,62	124,50
Φεβρουάριος	34.694,68	11.110,44	128,25	28	100,26	104,28	104,28	1,00	0,65	97,30
Μάρτιος	33.112,28	11.887,44	126,00	31	97,1	97,1	97,1	1,00	0,62	100,30
Απρίλιος	29.632,14	11.158,58	114,21	30	83,18	83,18	83,18	1,00	0,68	83,20
Μάιος	32.998,76	11.888,44	125,68	31	86,86	92,4	98	1,00	0,62	95,50
Ιούνιος	40.169,24	13.382,70	149,95	30	125,2	125,2	125,2	1,00	0,59	125,20
Ιούλιος	51.271,22	16.472,50	189,68	31	142,88	142,88	142,88	1,00	0,64	147,60
Αύγουστος	53.796,44	17.188,14	198,76	31	129,94	134,08	134,08	1,00	0,71	138,50
Σεπτέμβριος	46.954,54	15.301,28	174,32	30	132,54	132,54	132,54	1,00	0,65	132,50
Οκτώβριος	37.706,24	13.133,40	142,35	31	105,14	105,14	124,28	1,00	0,55	108,60
Νοέμβριος	32.458,54	11.694,48	123,63	30	78,44	82,1	91,88	1,00	0,67	82,10
Δεκέμβριος	19.274,26	6.638,08	72,55	31	87,98	90,58	96,24	1,00	0,36	93,60

Πίνακας 46. Υπολογισμός τιμολογίου 3ης παροχής

Μήνες	Αξία XZ (€)	Αξία EY (€)	Αξία EX (€)	ΕΣΜ (€)	ΕΔΔ (€)	ΥΚΟ (€)	ΕΤΜΕΑΡ (€)	ΛΧ (€)	ΕΦΚ (€)	Ειδικό τέλος 5%(€)	CO ₂ (€)	ΦΠΑ (€)	Σύνολο (€)	ΚΕ λεπτά(€)/ kWh
Ιανουάριος	829,17	2.991,46	740,14	149,07	292,87	998,87	489,95	3,91	279,01	33,43	402,338	432,61	7.210,22	1,39
Φεβρουάριος	648,02	2.444,24	616,41	116,50	235,02	819,91	402,17	3,21	229,03	27,21	330,2549	352,32	5.871,97	1,38
Μάρτιος	668,00	2.332,76	659,52	120,10	236,07	805,49	395,1	3,15	225	26,87	324,448	347,79	5.796,51	1,39
Απρίλιος	554,11	2.087,58	619,08	99,57	205,46	730,15	358,14	2,86	203,95	23,98	294,1011	310,74	5.178,98	1,37
Μάιος	636,03	2.324,76	659,57	121,22	236,77	803,48	394,11	3,14	224,44	26,67	323,6367	345,23	5.753,83	1,38
Ιούνιος	833,83	2.829,92	742,47	149,86	287,29	958,58	470,19	3,75	267,76	32,3	386,1095	417,72	6.962,06	1,40
Ιούλιος	983,02	3.612,06	913,89	176,73	351,65	1.212,61	594,79	4,74	338,72	40,41	488,4322	523,02	8.717,05	1,38
Αύγουστος	922,41	3.789,96	953,60	165,84	350,75	1.270,62	623,24	4,97	354,92	41,62	511,7988	539,38	8.989,73	1,37
Σεπτέμβριος	882,45	3.307,95	848,92	158,65	319,71	1.114,38	546,61	4,36	311,28	36,98	448,8645	478,81	7.980,15	1,38
Οκτώβριος	723,28	2.656,40	728,64	153,72	283,23	910,03	446,37	3,56	254,2	30,4	366,5538	393,38	6.556,38	1,39
Νοέμβριος	546,79	2.286,70	648,81	109,98	224,42	790,34	387,66	3,09	220,77	25,75	318,3433	333,76	5.562,65	1,39
Δεκέμβριος	623,38	1.357,87	368,28	119,04	181,65	463,83	227,51	1,81	129,56	17,16	186,828	220,62	3.676,92	1,50
Σύνολο	8.850,49	32.021,66	8.499,33	1.640,28	3.204,89	10.878,29	5.335,84	42,55	3.038,64	362,78	4.381,71	4.695,39	78.256,46	1,39

Πίνακας 47. Κόστος παγίων 3ης παροχής

Μήνες	ΚΠ(€)	ΚΠ ανά καταναλισκόμενη ενέργεια (λεπτά(€)/kWh)
Ιανουάριος	3.478,62	6,23
Φεβρουάριος	2.811,32	6,14
Μάρτιος	2.804,23	6,23
Απρίλιος	2.472,32	6,06
Μάιος	2.769,50	6,17
Ιούνιος	3.389,67	6,33
Ιούλιος	4.191,10	6,19
Αύγουστος	4.246,17	5,98
Σεπτέμβριος	3.823,28	6,14
Οκτώβριος	3.171,34	6,24
Νοέμβριος	2.627,14	5,95
Δεκέμβριος	1.950,77	7,53
Σύνολο	37.735,47	6,27

PLATE	SAP CODE	CELL TYPE	C120 (1,85Vpc) CAPACITY (Ah)	C10 (1,8Vpc) CAPACITY (Ah)	Q2 2020 PRICELIST
Monoblock	0271765	6V 3 RES OPzS 240	242	177	338,65 €
	0271766	6V 4 RES OPzS 280	284	215	403,07 €
	0271767	6V 5 RES OPzS 385	389	287	469,45 €
	0271768	6V 6 RES OPzS 405	408	312	515,86 €
	0271769	12V 1 RES OPzS 85	86	63	353,56 €
	0271770	12V 2 RES OPzS 130	132	103	426,16 €
	0271771	12V 3 RES OPzS 190	191	150	556,93 €
50 AH	0271742	2V 2 RES OPzS 185	187	126	98,66 €
	0271743	2V 3 RES OPzS 260	262	180	116,05 €
	0271744	2V 4 RES OPzS 300	300	215	137,40 €
	0271745	2V 5 RES OPzS 375	379	270	160,72 €
	0271746	2V 6 RES OPzS 450	454	324	184,03 €
70 AH	0271747	2V 5 RES OPzS 550	553	396	196,46 €
	0271748	2V 6 RES OPzS 660	662	474	225,71 €
	0271749	2V 7 RES OPzS 750	750	541	252,96 €
100 AH	0271750	2V 5 RES OPzS 900	904	609	248,19 €
	0271751	2V 6 RES OPzS 965	966	672	282,37 €
	0271752	2V 7 RES OPzS 1230	1230	836	364,03 €
	0271753	2V 8 RES OPzS 1275	1278	893	397,22 €
	0271754	2V 9 RES OPzS 1480	1484	1028	450,30 €
	0271755	2V 10 RES OPzS 1590	1592	1114	475,53 €
	0271756	2V 12 RES OPzS 1905	1908	1329	549,84 €
125 AH	0271757	2V 11 RES OPzS 2285	2286	1623	629,43 €
	0271758	2V 12 RES OPzS 2225	2226	1630	645,63 €
	0271759	2V 14 RES OPzS 2765	2769	1978	825,82 €
	0271760	2V 15 RES OPzS 2920	2921	2114	858,02 €
	0271761	2V 16 RES OPzS 2970	2973	2186	898,21 €
	0271762	2V 18 RES OPzS 3780	3780	2689	1.086,27 €
	0271763	2V 20 RES OPzS 4075	4076	2926	1.125,66 €
	0271764	2V 24 RES OPzS 4620	4620	3361	1.313,45 €

Εικόνα Β-98. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzS(240-4620)

PLATE	SAP CODE	CELL TYPE	C120 (1,85Vpc) CAPACITY (Ah)	C10 (1,8Vpc) CAPACITY (Ah)	Q2 2020 PRICELIST
Monoblock	0271789	6V 4 RES OPzV 250	253	206	443,34 €
	0271790	6V 5 RES OPzV 315	317	257	522,88 €
	0271791	6V 6 RES OPzV 380	381	309	590,00 €
	0271792	12V 1 RES OPzV 65	63	51	480,52 €
	0271793	12V 2 RES OPzV 125	125	102	563,54 €
	0271794	12V 3 RES OPzV 185	188	153	654,22 €
50 AH	0271775	2V 4 RES OPzV 290	290	224	170,51 €
	0271776	2V 5 RES OPzV 360	363	280	195,02 €
	0271777	2V 6 RES OPzV 435	435	336	219,54 €
70 AH	0271778	2V 5 RES OPzV 535	536	405	234,21 €
	0271779	2V 6 RES OPzV 640	644	486	265,69 €
	0271780	2V 7 RES OPzV 750	753	567	298,18 €
100 AH	0271781	2V 6 RES OPzV 935	937	690	328,10 €
	0271782	2V 8 RES OPzV 1245	1247	920	450,07 €
	0271783	2V 10 RES OPzV 1560	1560	1150	549,14 €
	0271784	2V 12 RES OPzV 1875	1877	1380	648,20 €
125 AH	0271785	2V 12 RES OPzV 2120	2120	1620	777,30 €
	0271786	2V 16 RES OPzV 2820	2824	2160	1.077,73 €
	0271787	2V 20 RES OPzV 3520	3523	2700	1.342,78 €
	0271788	2V 24 RES OPzV 4245	4248	3240	1.561,65 €

Εικόνα Β-99. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzV(250-4245)

	RES OPzS model	Rated Capacity (Ah) at 20°C (68°F)					Dimensions mm (in)				Weight kg (lb)		Internal Resistance (mOhm)	Short Circuit Current (A)
		C240 1.85 Vpc	C120 1.85 Vpc	C48 1.80 Vpc	C24 1.80 Vpc	C12 1.80 Vpc	Length	Width	Height ₁	Height ₂	Wet	Dry		
Cells	2V 2 RES OPzS 185	196	187	172	153	131	103 (4.06)	206 (8.11)	355 (13.98)	383 (15.08)	15.5 (34.2)	8.2 (18.1)	1.430	1420
	2V 3 RES OPzS 260	273	262	244	217	188	103 (4.06)	206 (8.11)	355 (13.98)	383 (15.08)	17.0 (37.5)	10.6 (23.4)	0.950	2120
	2V 4 RES OPzS 300	310	300	285	256	224	103 (4.06)	206 (8.11)	355 (13.98)	383 (15.08)	17.5 (38.6)	12.8 (28.2)	0.740	2720
	2V 5 RES OPzS 375	391	379	359	323	281	124 (4.88)	206 (8.11)	355 (13.98)	383 (15.08)	21.2 (46.7)	15.3 (33.7)	0.590	3420
	2V 6 RES OPzS 450	469	454	431	387	338	145 (5.71)	206 (8.11)	355 (13.98)	383 (15.08)	24.9 (54.9)	18.0 (39.7)	0.510	3940
	2V 5 RES OPzS 550	574	553	527	474	413	124 (4.88)	206 (8.11)	471 (18.54)	499 (19.65)	28.6 (63.1)	20.6 (45.4)	0.540	3750
	2V 6 RES OPzS 660	688	662	630	567	494	145 (5.71)	206 (8.11)	471 (18.54)	499 (19.65)	33.5 (73.9)	24.2 (53.4)	0.460	4400
	2V 7 RES OPzS 750	779	750	717	646	564	166 (6.54)	206 (8.11)	471 (18.54)	499 (19.65)	38.5 (84.9)	27.6 (60.8)	0.410	4950
	2V 5 RES OPzS 900	947	904	845	748	639	145 (5.71)	206 (8.11)	646 (25.43)	674 (26.54)	42.3 (93.3)	29.3 (64.6)	0.510	3950
	2V 6 RES OPzS 965	1006	966	916	816	703	145 (5.71)	206 (8.11)	646 (25.43)	674 (26.54)	46.5 (102.5)	33.7 (74.3)	0.430	4700
	2V 7 RES OPzS 1230	1286	1230	1154	1024	877	191 (7.52)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	59.4 (131.0)	42.3 (93.3)	0.360	5600
	2V 8 RES OPzS 1275	1330	1278	1213	1083	934	191 (7.52)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	63.5 (140.0)	46.7 (103.0)	0.310	6500
	2V 9 RES OPzS 1480	1547	1484	1403	1250	1076	233 (9.17)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	73.5 (162.0)	52.3 (115.3)	0.280	7250
	2V 10 RES OPzS 1590	1656	1592	1511	1349	1165	233 (9.17)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	77.7 (171.3)	56.7 (125.0)	0.250	8100
	2V 11 RES OPzS 1885	1974	1888	1776	1576	1350	275 (10.83)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	87.7 (193.3)	62.4 (137.6)	0.240	8450
	2V 12 RES OPzS 1905	1986	1908	1810	1614	1391	275 (10.83)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	91.9 (202.6)	66.8 (147.3)	0.220	9250
	2V 11 RES OPzS 2285	2369	2286	2173	1957	1698	275 (10.83)	210 (8.27)	797 (31.38)	825 (32.48)	108.9 (240.1)	77.0 (169.8)	0.230	8800
	2V 12 RES OPzS 2225	2296	2226	2142	1944	1701	275 (10.83)	210 (8.27)	797 (31.38)	825 (32.48)	114.0 (251.3)	82.4 (181.7)	0.220	9200
	2V 14 RES OPzS 2765	2868	2769	2639	2381	2069	399 (15.71)	214 (8.43)	772 (30.39)	800 (31.50)	145.8 (321.4)	100.3 (221.1)	0.190	10650
	2V 15 RES OPzS 2920	3018	2921	2797	2531	2208	399 (15.71)	214 (8.43)	772 (30.39)	800 (31.50)	150.9 (332.7)	105.9 (233.5)	0.170	11900
	2V 16 RES OPzS 2970	3064	2973	2861	2600	2279	399 (15.71)	214 (8.43)	772 (30.39)	800 (31.50)	156.1 (344.1)	111.4 (245.6)	0.156	12950
	2V 18 RES OPzS 3780	3916	3780	3589	3236	2811	487 (19.17)	212 (8.35)	772 (30.39)	800 (31.50)	183.7 (405.0)	128.6 (283.5)	0.137	14750
	2V 20 RES OPzS 4075	4217	4076	3885	3510	3057	487 (19.17)	212 (8.35)	772 (30.39)	800 (31.50)	194.0 (427.7)	139.5 (307.5)	0.122	16550
	2V 22 RES OPzS 4455	4615	4457	4247	3833	3335	576 (22.68)	212 (8.35)	772 (30.39)	800 (31.50)	219.6 (484.1)	153.7 (338.9)	0.114	17700
	2V 24 RES OPzS 4620	4770	4620	4430	4014	3508	576 (22.68)	212 (8.35)	772 (30.39)	800 (31.50)	229.8 (506.6)	164.9 (363.5)	0.105	19250
	2V 26 RES OPzS 4730	4869	4733	4564	4156	3656	576 (22.68)	212 (8.35)	772 (30.39)	800 (31.50)	240.1 (529.3)	175.8 (387.6)	0.098	20600
Blocks	6V 3 RES OPzS 240	251	242	231	209	184	233 (9.17)	224 (8.82)	345 (13.58)	394 (15.51)	41.1 (90.6)	30.5 (67.2)	3.18	1900
	6V 4 RES OPzS 280	293	284	275	251	223	272 (10.71)	205 (8.07)	332 (13.07)	375 (14.76)	46.4 (102.3)	34.1 (75.2)	2.52	2420
	6V 5 RES OPzS 385	403	389	373	338	298	380 (14.96)	205 (8.07)	332 (13.07)	375 (14.76)	59.8 (131.8)	42.0 (92.6)	2.13	2860
	6V 6 RES OPzS 405	422	408	398	364	323	380 (14.96)	205 (8.07)	332 (13.07)	375 (14.76)	66.8 (147.3)	49.3 (108.7)	1.86	3260
	12V 1 RES OPzS 85	90	86	81	73	65	272 (10.71)	205 (8.07)	332 (13.07)	375 (14.76)	41.0 (90.4)	27.8 (61.3)	17.20	700
	12V 2 RES OPzS 130	137	132	128	118	106	272 (10.71)	205 (8.07)	332 (13.07)	375 (14.76)	48.4 (106.7)	37.0 (81.6)	8.61	1400
	12V 3 RES OPzS 190	199	191	186	172	155	380 (14.96)	205 (8.07)	332 (13.07)	375 (14.76)	68.7 (151.5)	52.2 (115.1)	6.09	2000

Εικόνα Β-100. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzS(85-4730)

End Voltage 2.00 V/cell													
			10 h	12 h	20 h	24 h	48 h	50 h	72 h	100 h	120 h	168 h	240 h
2V Cells	2V 2 RES OPzS 185		5.45	4.85	3.44	3.03	1.81	1.75	1.31	1.00	0.86	0.64	0.46
	2V 3 RES OPzS 260		7.47	6.63	4.66	4.09	2.42	2.35	1.75	1.33	1.14	0.84	0.61
	2V 4 RES OPzS 300		8.38	7.41	5.16	4.52	2.65	2.56	1.90	1.43	1.22	0.90	0.65
	2V 5 RES OPzS 375		10.61	9.38	6.54	5.72	3.35	3.24	2.40	1.81	1.54	1.14	0.82
	2V 6 RES OPzS 450		12.57	11.12	7.77	6.81	4.00	3.87	2.87	2.17	1.85	1.37	0.98
	2V 5 RES OPzS 550		11.57	11.17	8.43	7.47	4.59	4.45	3.37	2.60	2.23	1.67	1.22
	2V 6 RES OPzS 660		13.36	12.92	9.95	8.86	5.46	5.30	4.02	3.09	2.66	2.00	1.46
	2V 7 RES OPzS 750		14.97	14.50	11.25	9.98	6.15	5.97	4.53	3.49	3.00	2.25	1.64
	2V 5 RES OPzS 900		14.31	14.01	12.76	11.59	7.52	7.32	5.68	4.47	3.88	2.95	2.18
	2V 6 RES OPzS 965		17.11	16.72	14.00	12.61	8.06	7.84	6.04	4.71	4.07	3.08	2.25
	2V 7 RES OPzS 1230		20.51	20.06	17.76	15.96	10.28	10.00	7.75	6.06	5.26	4.00	2.94
	2V 8 RES OPzS 1275		23.84	23.26	18.90	16.93	10.76	10.46	8.04	6.25	5.41	4.08	2.98
	2V 9 RES OPzS 1480		26.68	26.05	21.80	19.50	12.45	12.10	9.33	7.27	6.29	4.76	3.48
	2V 10 RES OPzS 1590		29.84	29.10	23.60	21.10	13.40	13.03	10.02	7.79	6.73	5.08	3.71
	2V 12 RES OPzS 1905		32.94	32.22	27.40	24.68	15.82	15.39	11.87	9.26	8.01	6.06	4.43
	2V 11 RES OPzS 2285		47.23	45.95	36.50	32.61	20.56	19.97	15.31	11.87	10.26	7.75	5.68
	2V 12 RES OPzS 2225		50.14	47.81	35.80	31.95	19.90	19.33	14.71	11.35	9.78	7.35	5.36
	2V 14 RES OPzS 2765		58.90	57.27	44.42	39.66	24.92	24.19	18.51	14.34	12.38	9.34	6.84
	2V 15 RES OPzS 2920		65.36	62.85	47.23	42.09	26.27	25.52	19.46	15.03	12.95	9.75	7.12
	2V 16 RES OPzS 2970		72.45	66.55	49.20	43.58	26.95	26.15	19.84	15.28	13.15	9.86	7.18
	2V 18 RES OPzS 3780		85.12	82.35	62.08	55.36	34.60	33.61	25.66	19.87	17.14	12.93	9.46
	2V 20 RES OPzS 4075		95.87	91.42	67.38	59.98	37.32	36.22	27.60	21.31	18.37	13.83	10.11
	2V 24 RES OPzS 4620		108.22	102.45	75.59	67.28	41.80	40.58	30.89	23.81	20.51	15.42	11.25
Monoblocks	6V 3 RES OPzS 240		6.69	5.91	4.12	3.60	2.10	2.03	1.50	1.14	0.97	0.72	0.52
	6V 4 RES OPzS 280		7.67	6.77	4.69	4.09	2.37	2.29	1.69	1.28	1.09	0.81	0.58
	6V 5 RES OPzS 385		10.05	8.97	6.31	5.53	3.26	3.15	2.34	1.78	1.52	1.13	0.82
	6V 6 RES OPzS 405		10.49	9.28	6.48	5.67	3.32	3.21	2.38	1.80	1.54	1.14	0.80
	12V 1 RES OPzS 85		2.46	2.19	1.53	1.34	0.79	0.77	0.57	0.44	0.37	0.28	0.20
	12V 2 RES OPzS 130		3.70	3.25	2.23	1.93	1.11	1.07	0.79	0.60	0.51	0.38	0.00
	12V 3 RES OPzS 190		5.24	4.61	3.17	2.76	1.59	1.54	1.14	0.86	0.73	0.55	0.00

Εικόνα Β-101. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzS(85-4620)

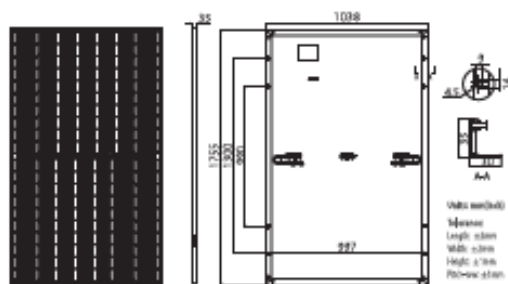
RES OPzV model		Rated Capacity (Ah) at 20°C (68°F)					Dimensions mm (in)				Weight kg (lb)	Internal Resistance (mOhm)	Short Circuit Current (A)
		C240 1.85 Vpc	C120 1.85 Vpc	C48 1.80 Vpc	C24 1.80 Vpc	C12 1.80 Vpc	Length	Width	Height ₁	Height ₂			
Cells	2V 2 RES OPzV 145	150	145	141	129	116	103 (4.06)	206 (8.11)	354 (13.94)	382 (15.04)	13.6 (30.0)	1.650	1240
	2V 3 RES OPzV 215	225	218	211	194	174	103 (4.06)	206 (8.11)	354 (13.94)	382 (15.04)	15.7 (34.6)	1.110	1840
	2V 4 RES OPzV 290	301	290	281	258	232	103 (4.06)	206 (8.11)	354 (13.94)	382 (15.04)	18.3 (40.3)	0.830	2460
	2V 5 RES OPzV 360	376	363	352	323	290	124 (4.88)	206 (8.11)	354 (13.94)	382 (15.04)	21.8 (48.1)	0.670	3040
	2V 6 RES OPzV 435	452	435	423	388	347	145 (5.71)	206 (8.11)	354 (13.94)	382 (15.04)	26.4 (58.2)	0.565	3620
	2V 5 RES OPzV 535	561	536	517	472	420	124 (4.88)	206 (8.11)	471 (18.54)	499 (19.65)	30.0 (66.1)	0.570	3580
	2V 6 RES OPzV 640	675	644	622	567	504	145 (5.71)	206 (8.11)	471 (18.54)	499 (19.65)	35.3 (77.8)	0.485	4200
	2V 7 RES OPzV 750	789	753	727	662	588	166 (6.54)	206 (8.11)	471 (18.54)	499 (19.65)	40.8 (89.9)	0.430	4740
	2V 5 RES OPzV 780	822	781	744	674	597	145 (5.71)	206 (8.11)	643 (25.31)	671 (26.42)	43.8 (96.6)	0.530	3850
	2V 6 RES OPzV 935	986	937	892	809	716	145 (5.71)	206 (8.11)	643 (25.31)	671 (26.42)	48.2 (106.3)	0.445	4600
	2V 7 RES OPzV 1090	1147	1091	1039	942	835	191 (7.52)	210 (8.27)	644 (25.35)	672 (26.46)	61.2 (134.9)	0.365	5600
	2V 8 RES OPzV 1245	1311	1247	1187	1077	954	191 (7.52)	210 (8.27)	644 (25.35)	672 (26.46)	65.5 (144.4)	0.325	6300
	2V 9 RES OPzV 1400	1477	1404	1337	1212	1074	233 (9.17)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	75.9 (167.3)	0.295	6900
	2V 10 RES OPzV 1560	1641	1560	1485	1347	1193	233 (9.17)	210 (8.27)	646 (25.43)	674 (26.54)	80.4 (177.3)	0.265	7700
	2V 11 RES OPzV 1720	1811	1720	1637	1483	1313	275 (10.83)	210 (8.27)	645 (25.39)	673 (26.50)	90.8 (200.2)	0.245	8350
	2V 12 RES OPzV 1875	1976	1877	1786	1618	1432	275 (10.83)	210 (8.27)	645 (25.39)	673 (26.50)	95.1 (209.7)	0.225	9050
	2V 11 RES OPzV 1940	2029	1943	1879	1722	1538	275 (10.83)	210 (8.27)	796 (31.34)	824 (32.44)	105.0 (231.5)	0.230	8850
	2V 12 RES OPzV 2120	2214	2120	2050	1878	1678	275 (10.83)	210 (8.27)	796 (31.34)	824 (32.44)	110.1 (242.7)	0.210	9700
	2V 14 RES OPzV 2470	2580	2471	2390	2190	1957	399 (15.71)	214 (8.43)	771 (30.35)	799 (31.46)	146.0 (321.9)	0.180	11350
	2V 15 RES OPzV 2645	2764	2647	2561	2346	2097	399 (15.71)	214 (8.43)	771 (30.35)	799 (31.46)	151.0 (332.9)	0.167	12200
Blocks	2V 16 RES OPzV 2820	2949	2824	2731	2503	2237	399 (15.71)	214 (8.43)	771 (30.35)	799 (31.46)	156.1 (344.1)	0.157	13000
	2V 18 RES OPzV 3170	3310	3171	3071	2814	2516	487 (19.17)	212 (8.35)	769 (30.28)	797 (31.38)	185.2 (408.3)	0.137	14900
	2V 20 RES OPzV 3520	3678	3523	3412	3127	2796	487 (19.17)	212 (8.35)	769 (30.28)	797 (31.38)	195.3 (430.6)	0.123	16600
	2V 22 RES OPzV 3890	4068	3894	3764	3447	3077	576 (22.68)	212 (8.35)	771 (30.35)	799 (31.46)	221.2 (487.7)	0.115	17750
	2V 24 RES OPzV 4245	4438	4248	4106	3760	3357	576 (22.68)	212 (8.35)	771 (30.35)	799 (31.46)	231.4 (510.1)	0.108	18900
	2V 26 RES OPzV 4535	4747	4536	4405	4026	3586	576 (22.68)	212 (8.35)	771 (30.35)	799 (31.46)	241.5 (532.4)	0.103	19800
	6V 4 RES OPzV 250	263	253	250	233	212	272 (10.71)	205 (8.07)	332 (13.07)	372 (14.65)	55.2 (121.7)	2.70	2270
	6V 5 RES OPzV 315	330	317	313	292	265	380 (14.96)	205 (8.07)	332 (13.07)	372 (14.65)	62.8 (138.5)	2.22	2760
	6V 6 RES OPzV 380	397	381	377	350	318	380 (14.96)	205 (8.07)	332 (13.07)	372 (14.65)	69.0 (152.1)	1.89	3240
	12V 1 RES OPzV 65	65	63	62	58	52	272 (10.71)	205 (8.07)	332 (13.07)	372 (14.65)	43.8 (96.6)	19.01	640
	12V 2 RES OPzV 125	130	125	124	115	105	272 (10.71)	205 (8.07)	332 (13.07)	372 (14.65)	50.5 (111.3)	9.50	1290
	12V 3 RES OPzV 185	196	188	186	173	158	380 (14.96)	205 (8.07)	332 (13.07)	372 (14.65)	73.3 (161.6)	6.80	1800

Εικόνα Β-102. Χαρακτηριστικά μπαταριών (65-4535)

End Voltage 2.00 V/cell

		10 h	12 h	20 h	24 h	48 h	50 h	72 h	100 h	120 h	168 h	240 h
Monoblocks	12V 1 RES OPzV 65	2.25	1.97	1.34	1.16	0.66	0.64	0.47	0.35	0.30	0.23	0.15
	12V 2 RES OPzV 125	4.50	3.94	2.67	2.32	1.32	1.28	0.93	0.70	0.60	0.45	0.31
	12V 3 RES OPzV 185	6.61	5.80	3.95	3.43	1.96	1.90	1.40	1.05	0.90	0.68	0.46
	6V 4 RES OPzV 250	9.27	8.12	5.51	4.78	2.72	2.63	1.92	1.44	1.23	0.92	0.63
	6V 5 RES OPzV 315	11.50	10.07	6.85	5.95	3.39	3.28	2.40	1.80	1.54	1.15	0.79
	6V 6 RES OPzV 380	13.61	11.94	8.15	7.08	4.04	3.91	2.87	2.16	1.85	1.38	0.95
2V Cells	4 RES OPzV 290	9.91	8.72	6.03	5.27	3.07	2.97	2.20	1.67	1.41	1.04	0.73
	5 RES OPzV 360	12.34	10.87	7.52	6.57	3.83	3.71	2.75	2.09	1.77	1.30	0.91
	6 RES OPzV 435	14.73	12.98	8.99	7.86	4.59	4.45	3.30	2.51	2.12	1.55	1.10
	5 RES OPzV 535	16.76	14.87	10.47	9.19	5.47	5.30	3.97	3.04	2.58	1.91	1.38
	6 RES OPzV 640	19.92	17.69	12.48	10.97	6.55	6.35	4.75	3.65	3.10	2.30	1.65
	7 RES OPzV 750	22.92	20.37	14.42	12.69	7.61	7.38	5.53	4.25	3.61	2.68	1.93
	6 RES OPzV 935	28.02	25.03	17.98	15.90	9.70	9.40	7.11	5.46	4.69	3.49	2.56
	8 RES OPzV 1245	37.88	33.80	24.19	21.36	12.99	12.59	9.50	7.29	6.25	4.66	3.41
	10 RES OPzV 1560	47.07	42.03	30.12	26.62	16.21	15.71	11.87	9.10	7.81	5.82	4.27
	12 RES OPzV 1875	55.71	49.80	35.82	31.69	19.37	18.77	14.21	10.91	9.37	6.99	5.13
	12 RES OPzV 2120	65.36	58.22	41.44	36.54	22.00	21.32	16.02	12.21	10.42	7.68	5.42
	16 RES OPzV 2820	87.52	77.93	55.41	48.83	29.37	28.46	21.37	16.29	13.90	10.24	7.23
	20 RES OPzV 3520	108.77	96.82	68.75	60.55	36.41	35.23	26.49	20.13	17.21	12.67	8.92
	24 RES OPzV 4245	130.24	116.14	82.84	73.09	44.12	42.77	32.16	24.55	20.94	15.44	10.93

Εικόνα Β-103. Χαρακτηριστικά μπαταριών OPzV(65-4245)



Cell Orientation: 120 (9x20)
 Junction Box: IP68, three diodes
 Output Cable: 4mm², 1200mm in length
 (for EU DG)
 Glass: Single glass
 3.2mm coated tempered glass
 Frame: Anodized aluminum alloy frame
 Weight: 19.5kg
 Dimension: 1755x1038x35mm
 Packaging: 30pcs per pallet
 180pcs per 20'GP
 780pcs per 40'HQ

Operational Temperatures: -40°C ~ +85°C
 Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W
 Voc and Isc Tolerance: ±3%
 Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)
 Maximum Series Fuse Rating: 20A
 Nominal Operating Cell Temperature: 45±2°C
 Safety Class: Class II
 Fire Rating: UL type 1 or 2

Electrical Characteristics

Test uncertainty for Pmax: ±3%

Model Number	LR4-60HPH-350M		LR4-60HPH-355M		LR4-60HPH-360M		LR4-60HPH-365M		LR4-60HPH-370M		LR4-60HPH-375M		LR4-60HPH-380M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	350	261.4	355	265.1	360	268.8	365	272.6	370	276.3	375	280.0	380	283.8
Open Circuit Voltage (Voc/V)	40.1	37.6	40.3	37.8	40.5	38.0	40.7	38.2	40.9	38.3	41.1	38.5	41.3	38.7
Short Circuit Current (Isc/A)	11.15	9.02	11.25	9.10	11.35	9.17	11.43	9.25	11.52	9.32	11.60	9.38	11.69	9.45
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	33.6	31.3	33.8	31.5	34.0	31.7	34.2	31.8	34.4	32.0	34.6	32.2	34.8	32.4
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.42	8.35	10.51	8.43	10.59	8.49	10.68	8.56	10.76	8.63	10.84	8.69	10.92	8.76
Module Efficiency(%)	19.2		19.5		19.8		20.0		20.3		20.6		20.9	

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/s

Temperature Ratings (STC)

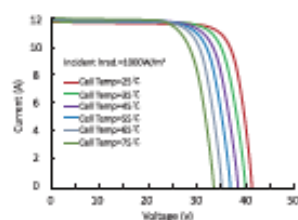
Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

Mechanical Loading

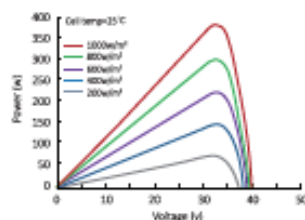
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

I-V Curve

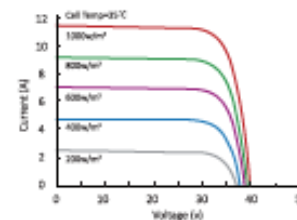
Current-Voltage Curve (LR4-60HPH-365M)



Power-Voltage Curve (LR4-60HPH-365M)



Current-Voltage Curve (LR4-60HPH-365M)



Εικόνα Β-104. Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού

Technical Specifications of the **EW16 thetis**

Small Wind Turbine (SWT)

PUBLISHER:

EUNICE EUROPE GmbH, Friedrichsstraße 171, Berlin, Germany
EUNICE WIND Factory: Thesi Patima, 196 00 Mandra Attikis, Gr

Εικόνα B-105. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (1)

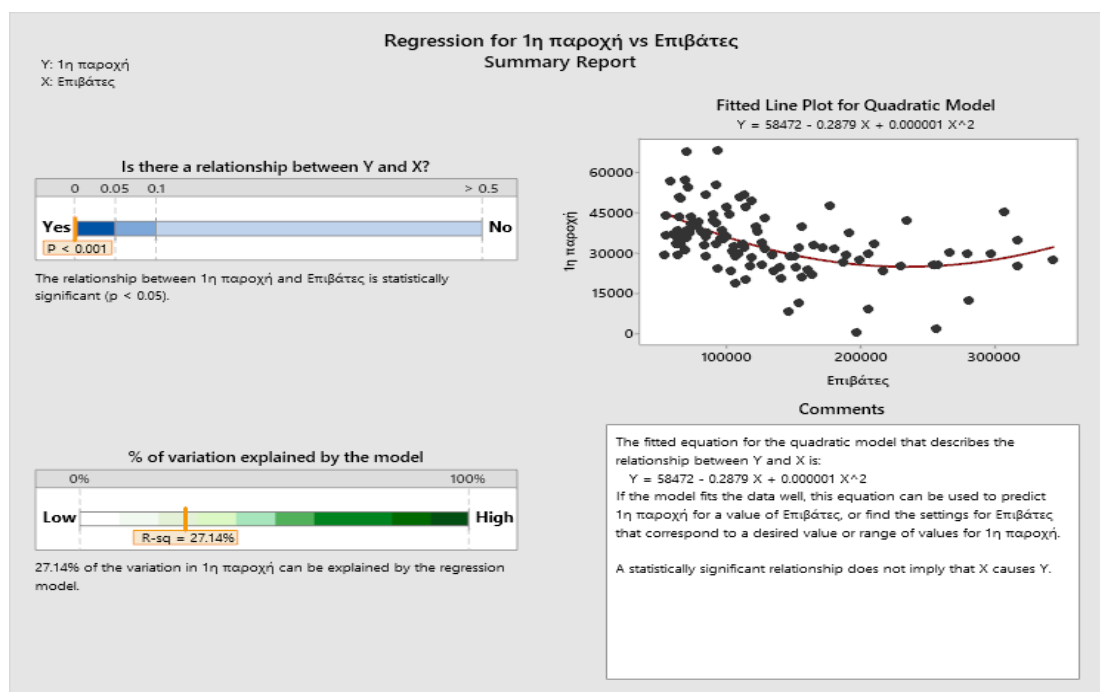
This document lists the main design parameters for the EW16 thetis Small Wind Turbine (SWT) with a rated power of 50 kW designed according to IEC 61400-2 and related standards (IEC 61000, IEC 61439, DIN EN 61140 etc.). In more detail, the design and calculations of the SWT are made according to IEC 61400-2 with the subsequent design certifications (IEC 61000, IEC 61439, DIN EN 61140 etc.). It fulfills the German utility requirements according to VDE AR M 4105 as well as the European Union electrical safety regulations. Any adaption to fulfill other electrical requirements is possible.

General	
Manufacturer	EUNICE WIND Factory: Thesi Patima, 196 00 Mandra Attikis, Greece
Type Designation	EW16 thetis
Design Standard	IEC 61400-2
Rated power	50 kW
Hub height	22.03 m
Rotor Diameter	15,88 m
Nacelle Weight	5,2 t
IEC Wind Class	IEC SWT Class II
Extreme wind speed at hub height (10-minute mean)	42,5 m/s
50 – year gust	59,5 m/s
Annual average wind speed at hub height	8,5 m/s
Rated wind speed	12 m/s
Cut-in wind speed	3 m/s
Cut-out wind speed	20 m/s
Temperature range	-10°C to +40°C
Rated Voltage	400 V / 3-phase
Power Factor	0.9 – 1.0 capacitive and inductive, remotely adjustable
Rated frequency	50 Hz
Rotor	
Type	Upwind rotor, stall regulated
Rotational Direction	Clockwise
Number of rotor blades	3
Rotor Blade Length	7,5 m
Swept Area	198 m ²
Rotor Blade Material	GRP
Rotor Speed	0-58 rpm
Drive Train with Generator	
Wind turbine concept	Gearless, fully variable speed, full –scale converter (AC-DC-AC)

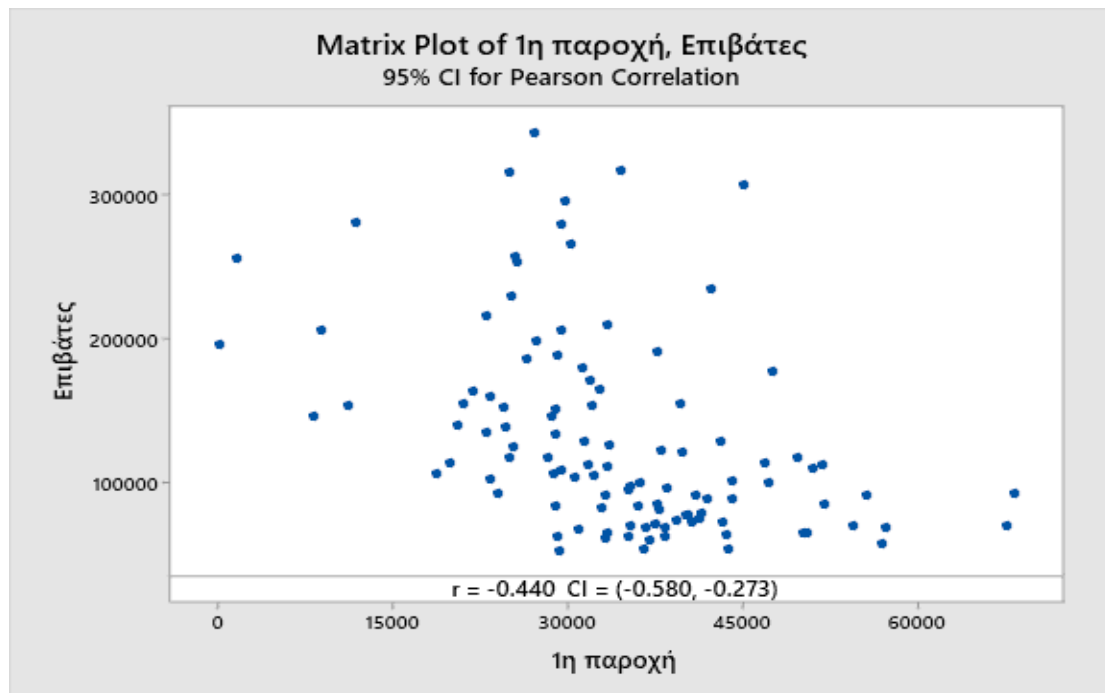
Εικόνα Β-106. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (2)

Generator	Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)
Grid Feed	SIEMENS Sinamics inverter, harmonic filters
Brake System	
Rotor Brake	Electromechanical (fail-safe) at the rear shaft end
Generator brake	Electrical
Yaw Control	
Type	Active yaw mechanism with a yaw bearing and yaw drives
Yaw Brake	Active yaw system, Azimuth brake
Foundation	
Material	Reinforced Concrete
Diameter	5,0 m
Depth	2,0 m
Tower	
Tower Material	Steel
Tower Weight	4,33 t
Tower Sections	1
Tower Bottom Diameter	1,71 m
Tower Top Diameter	0,61 m

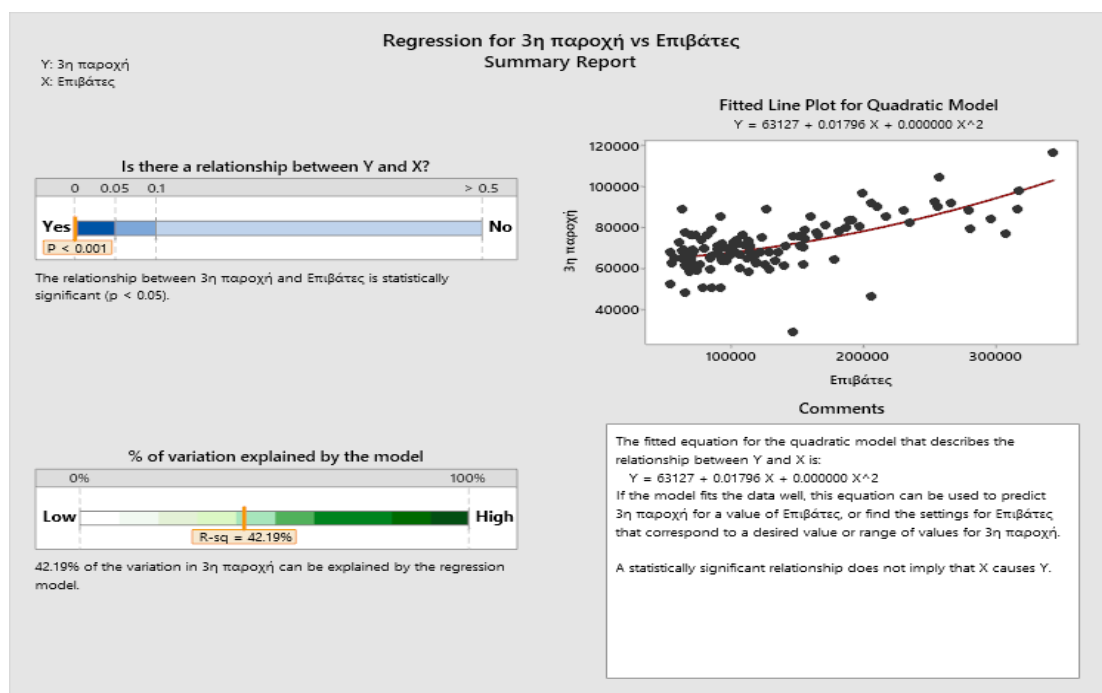
Εικόνα Β-107. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (3)



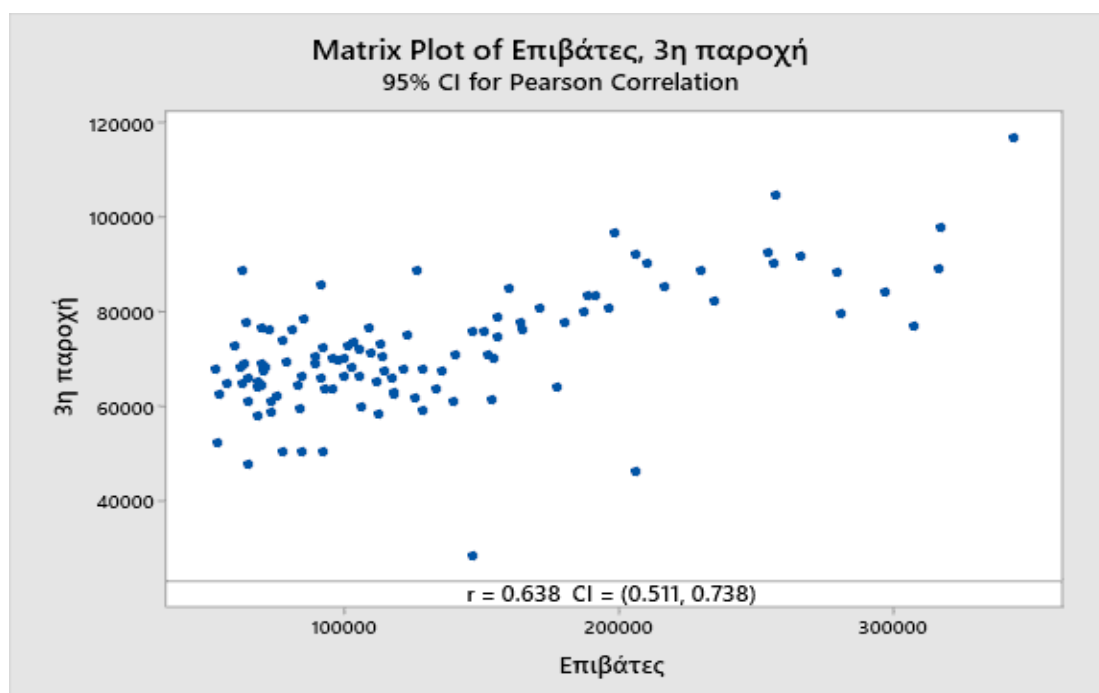
Εικόνα Γ-108. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας με επιβάτες 1ης παροχής 2010-18



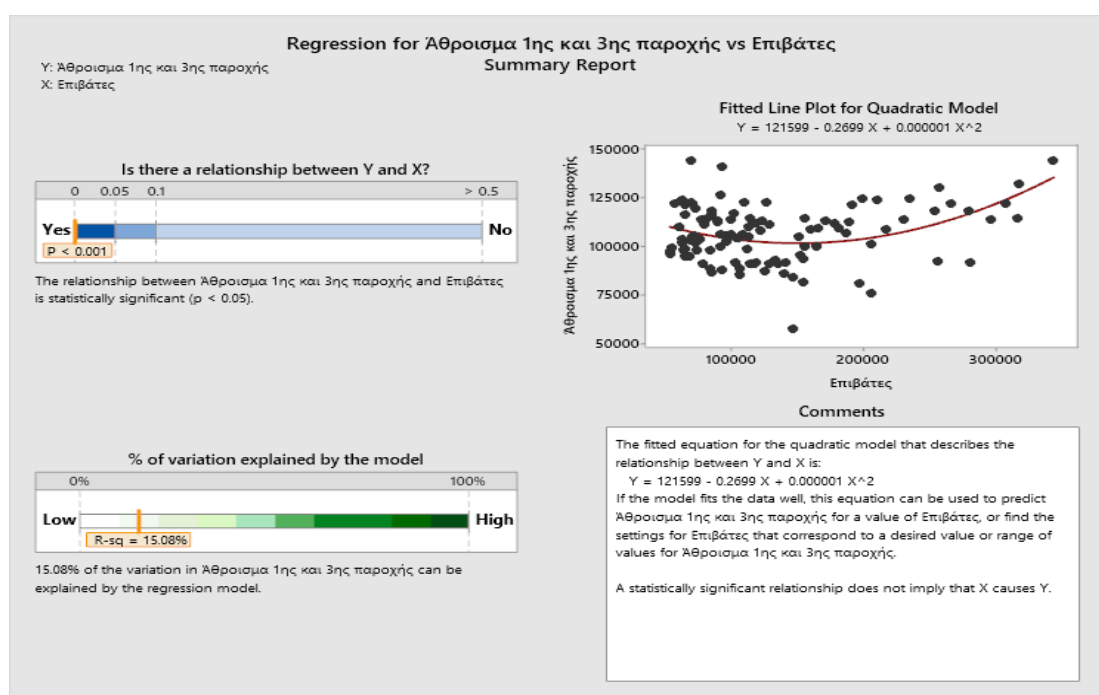
Εικόνα Γ-109. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2010-18



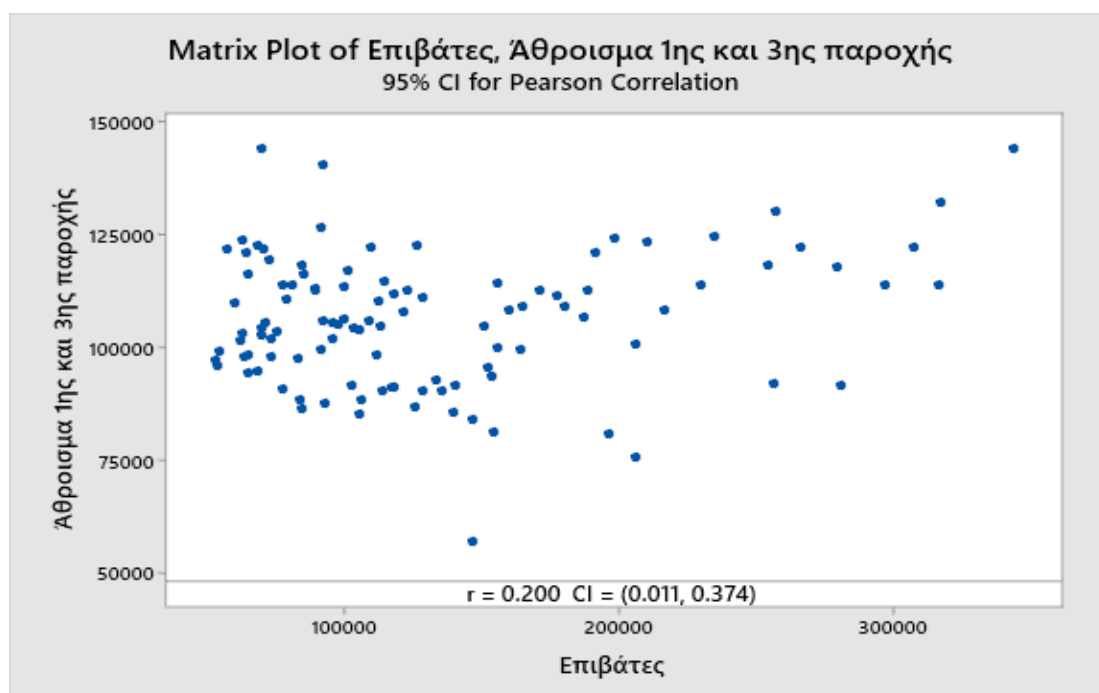
Εικόνα Γ-110. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 3ης παροχής με επιβάτες 2010-18



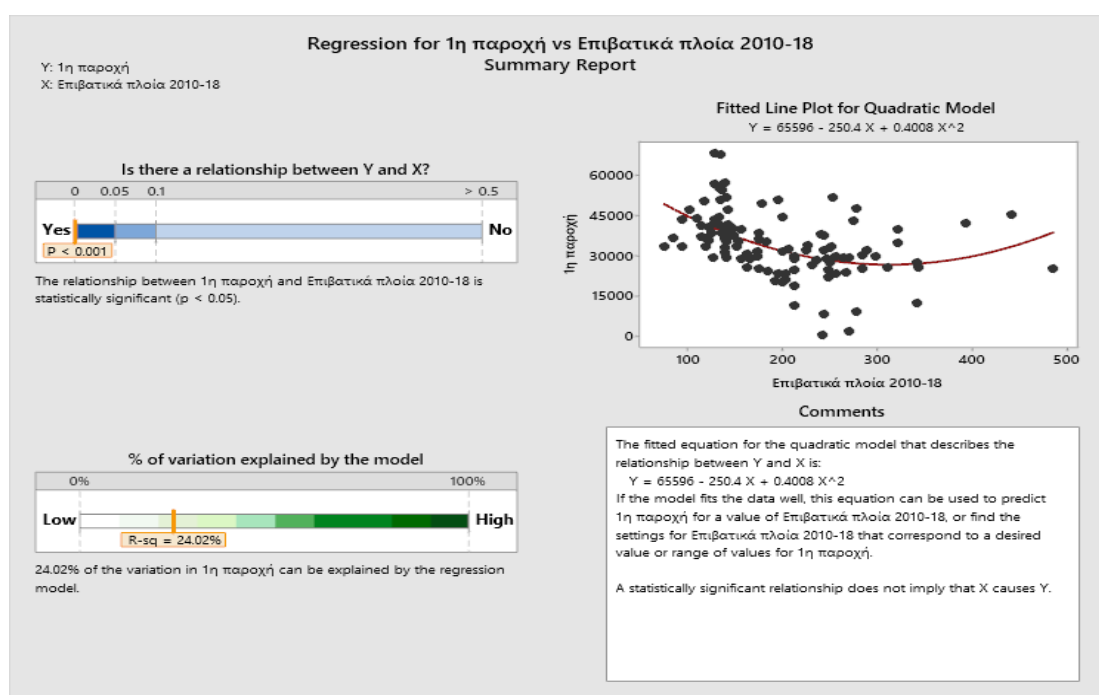
Εικόνα Γ-111. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2010-18



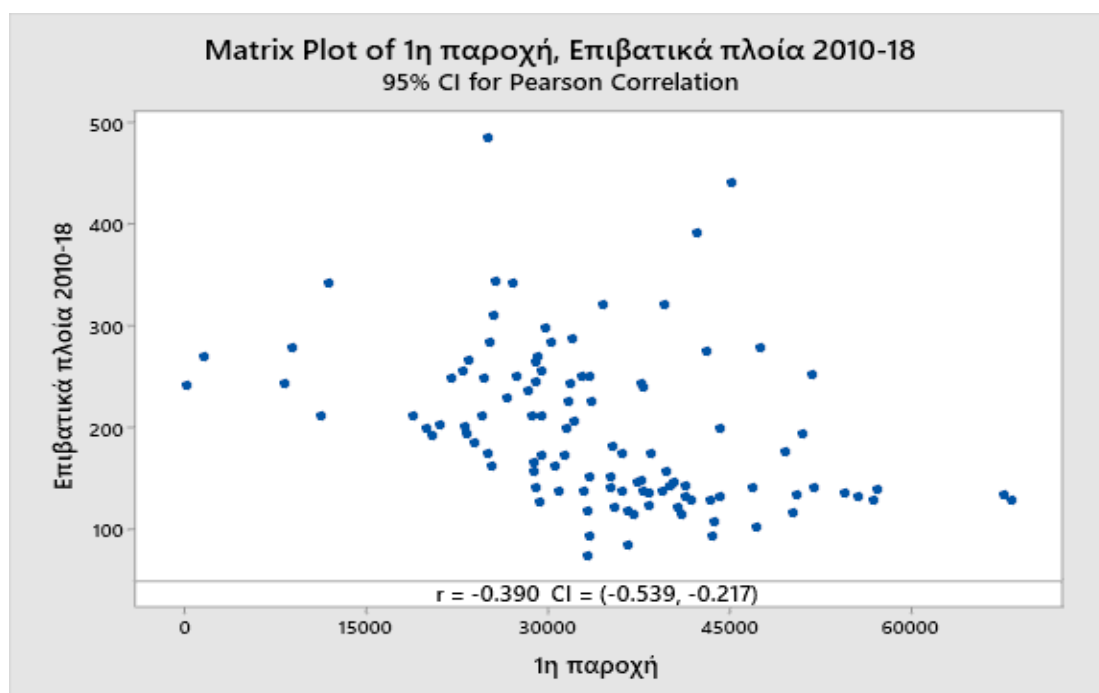
Εικόνα Γ-112. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης και 3ης παροχής με επιβάτες 2010-18



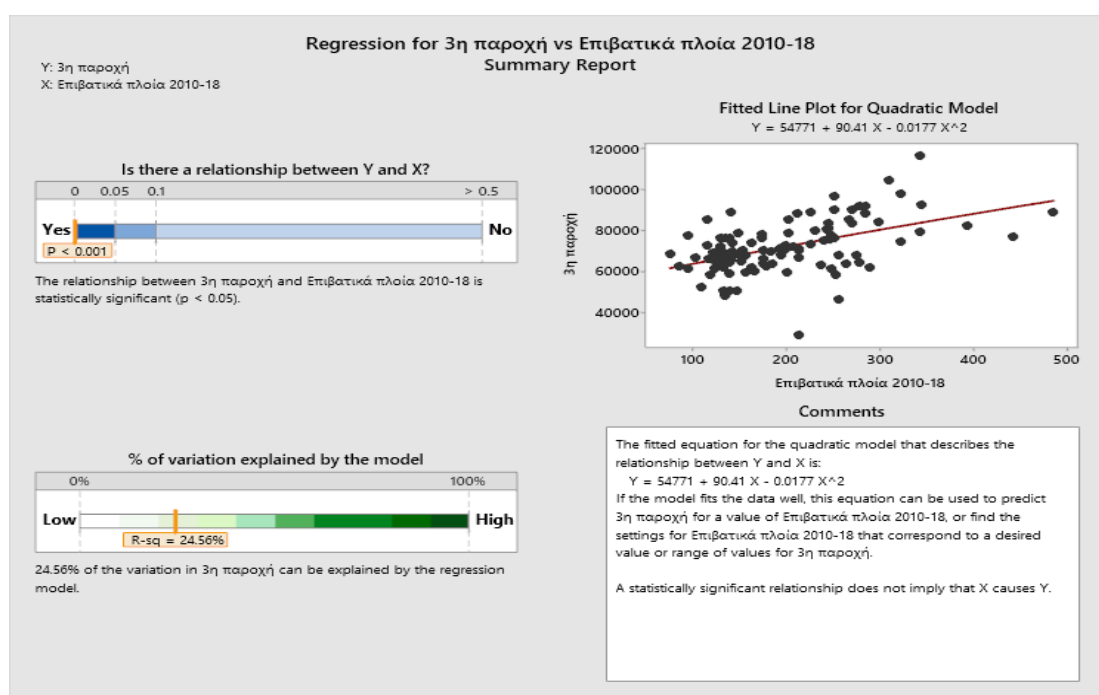
Εικόνα Γ-113. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 1ης και 3ης παροχής 2010-18



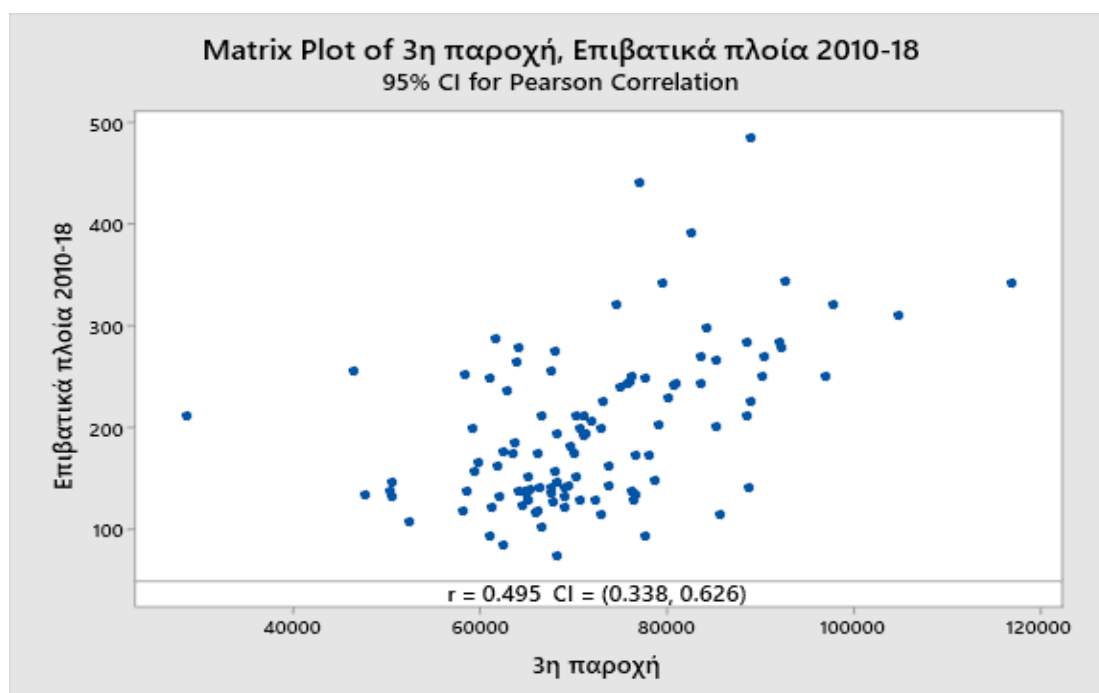
Εικόνα Γ-114 Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης παροχής με επιβατικά πλοία 2010-18



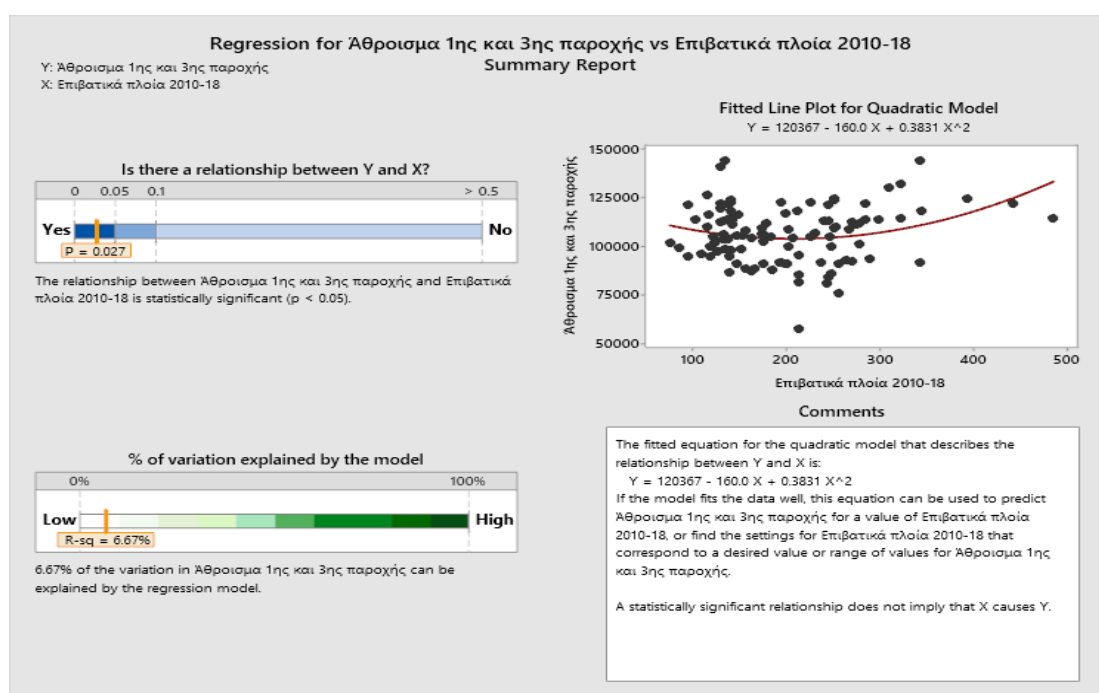
Εικόνα Γ-115. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2010-18



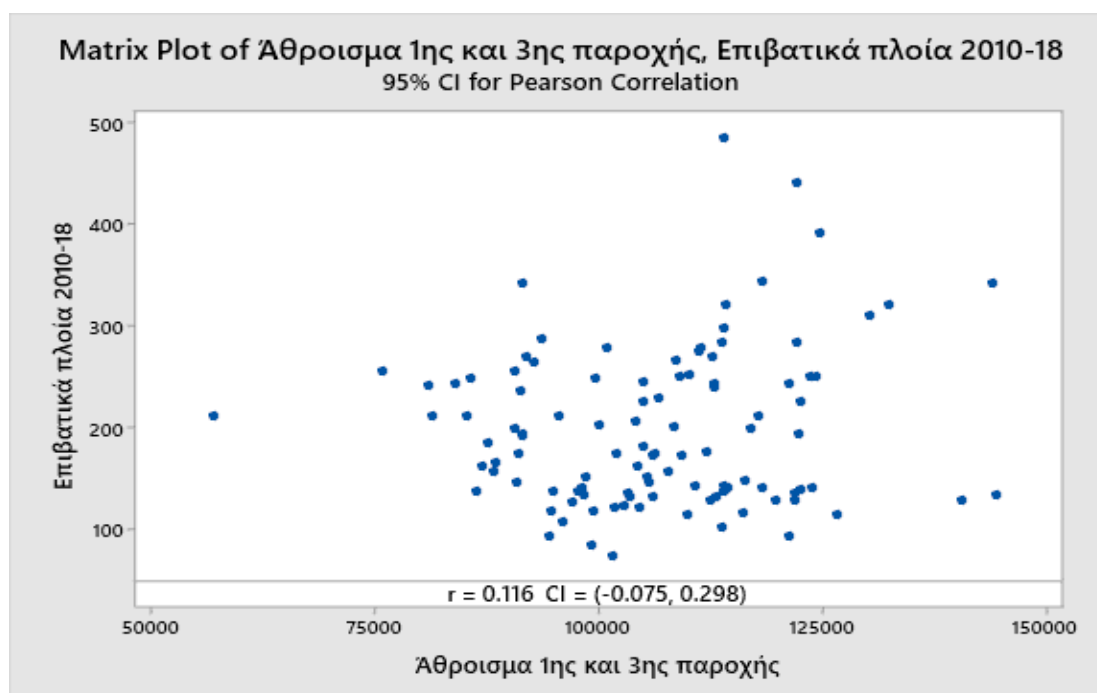
Εικόνα Γ-116. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 3ης παροχής με επιβατικά πλοία 2010-18



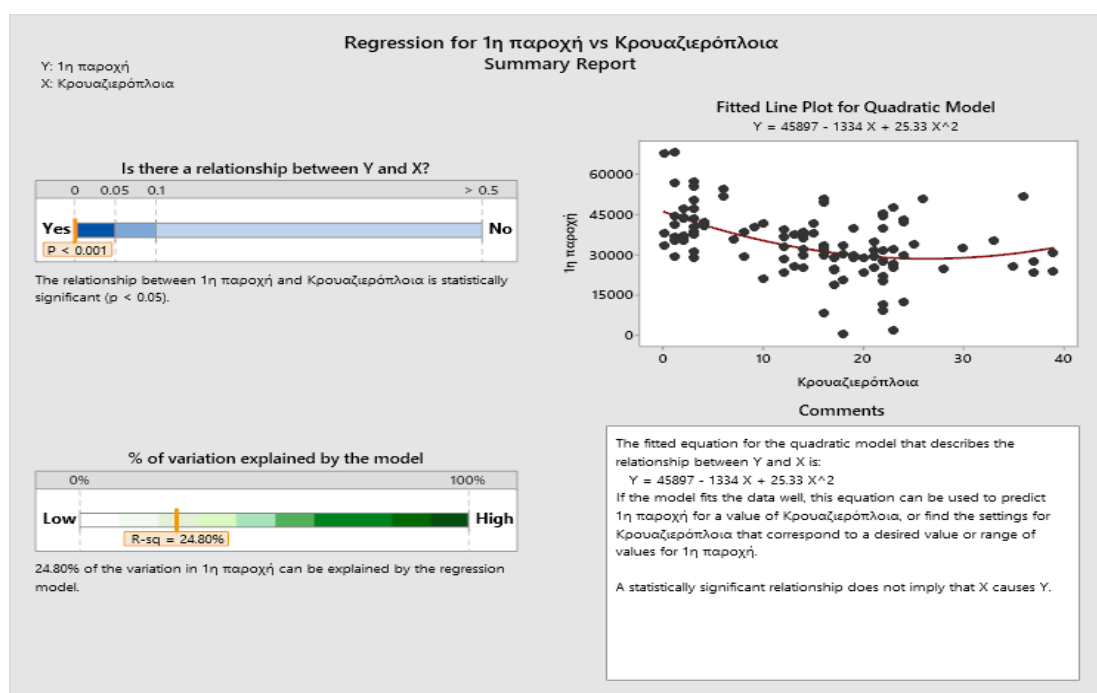
Εικόνα Γ-117. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2010-18



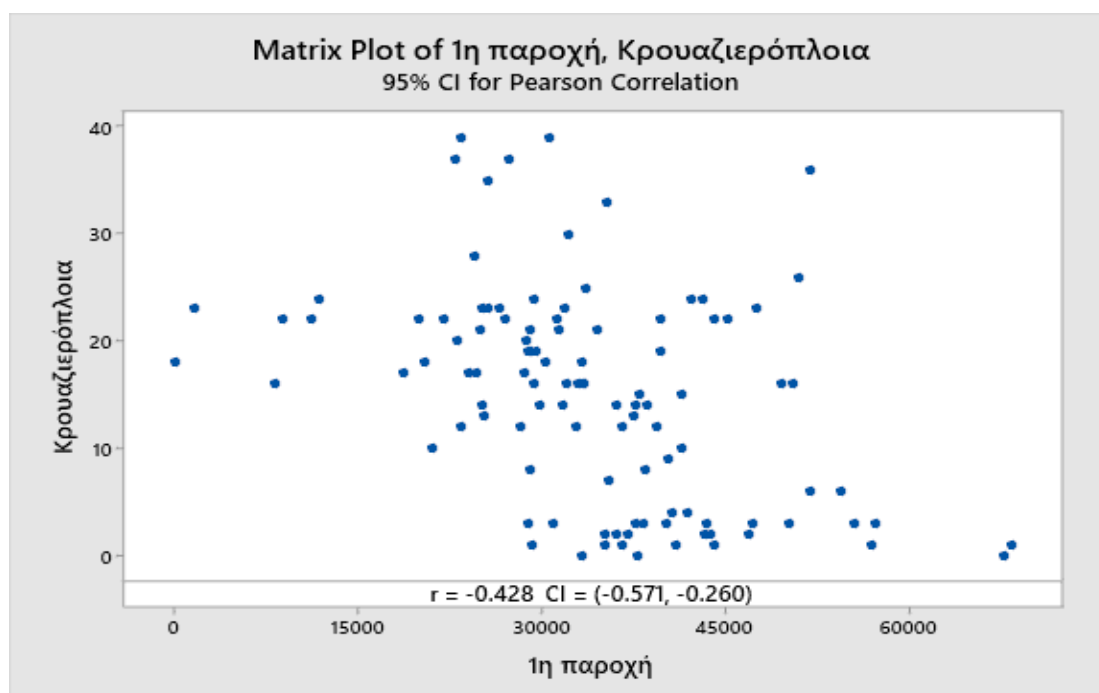
Εικόνα Γ-118. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης και 3ης παροχής με επιβατικά πλοία 2010-18



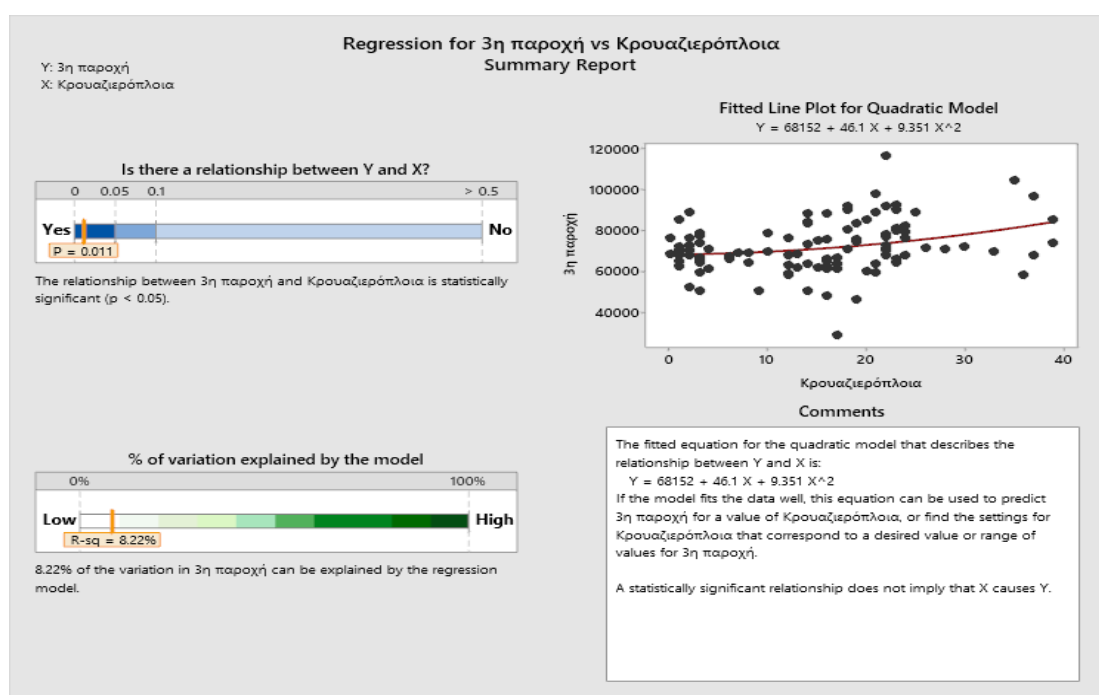
Εικόνα Γ-119. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 1ης και 3ης παροχής 2010-18



Εικόνα Γ-120. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης παροχής με κρουαζιερόπλοια 2010-18



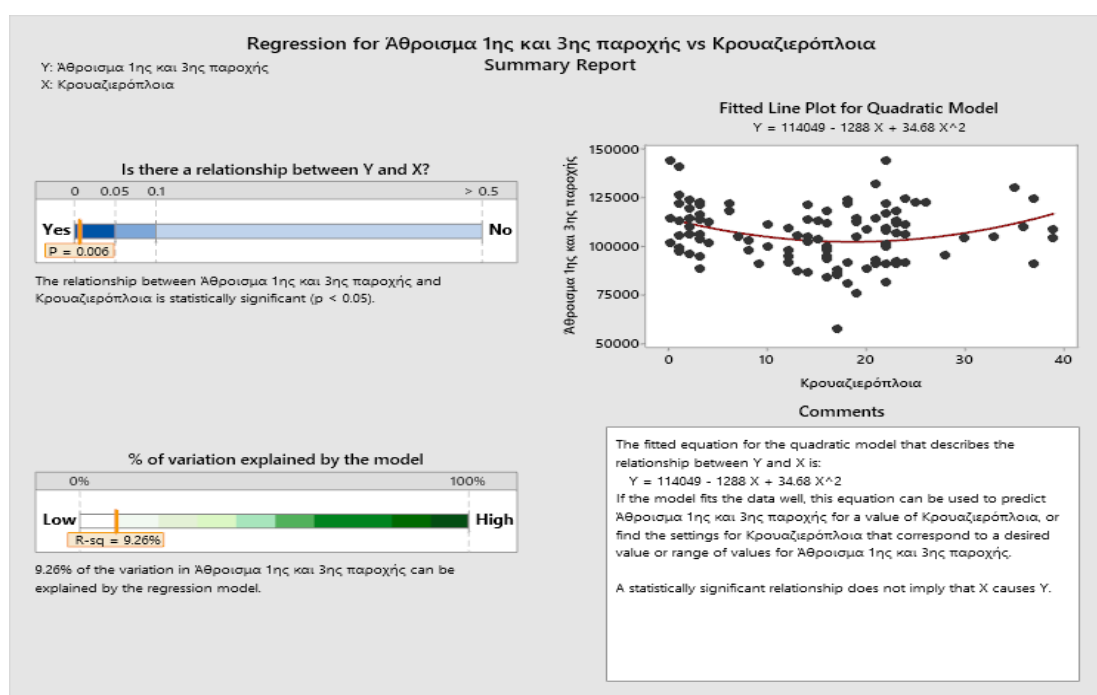
Εικόνα Γ-121. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2010-18



Εικόνα Γ-122. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 3ης παροχής με κρουαζιερόπλοια 2010-18



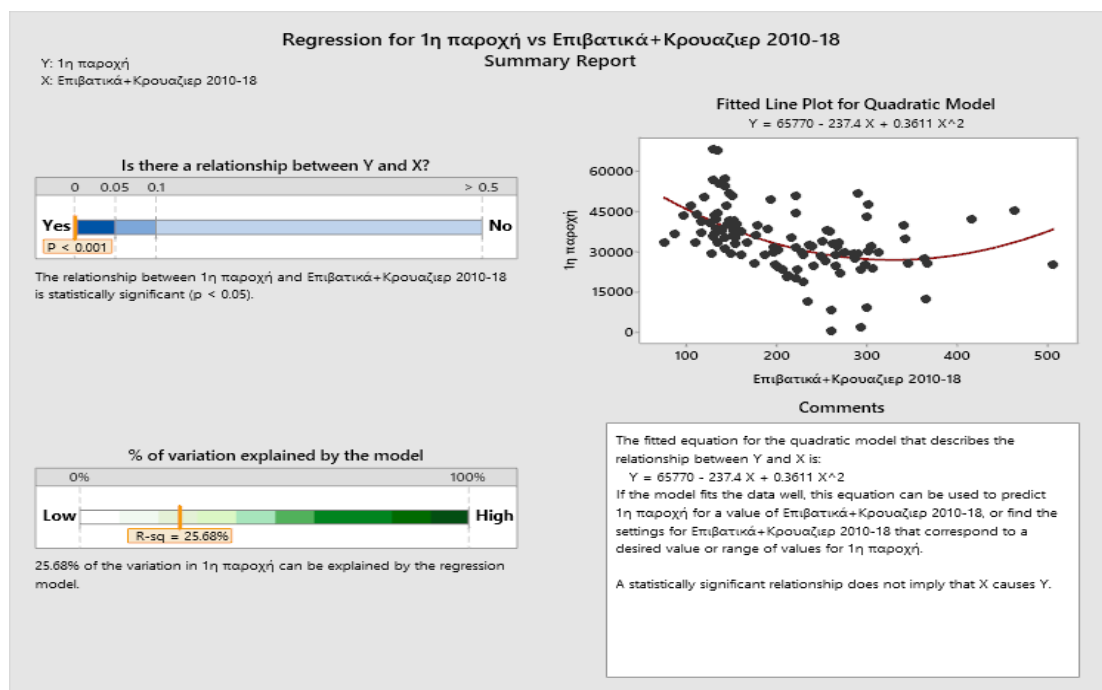
Εικόνα Γ-123. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2010-18



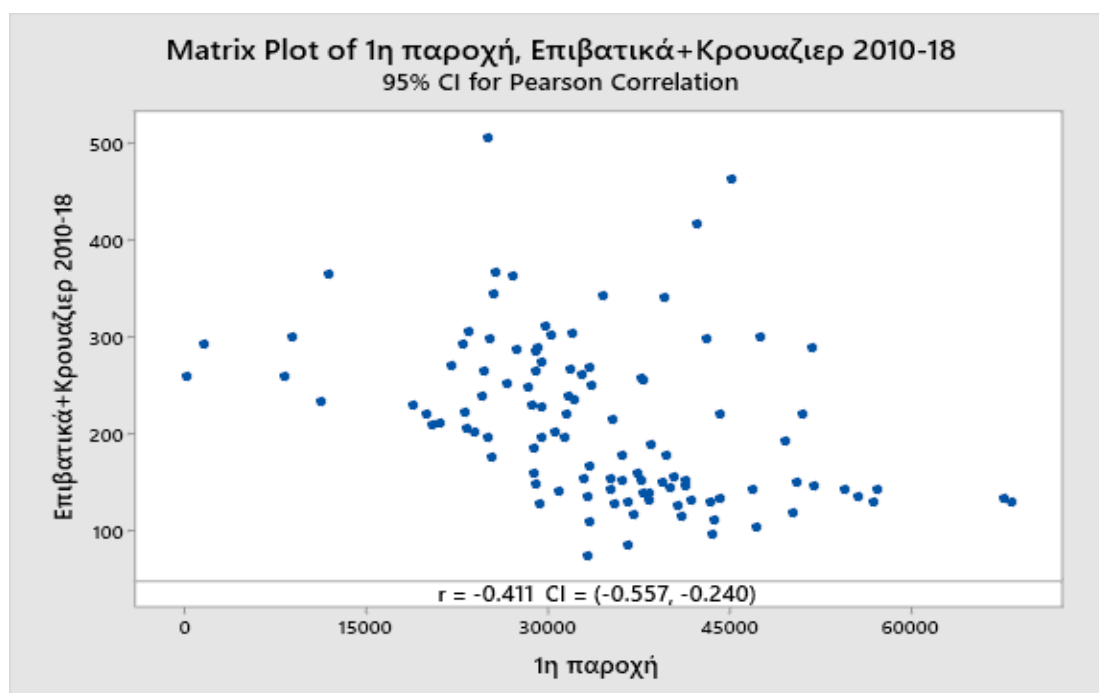
Εικόνα Γ-124. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης και 3ης παροχής με κρουαζιερόπλοια 2010-18



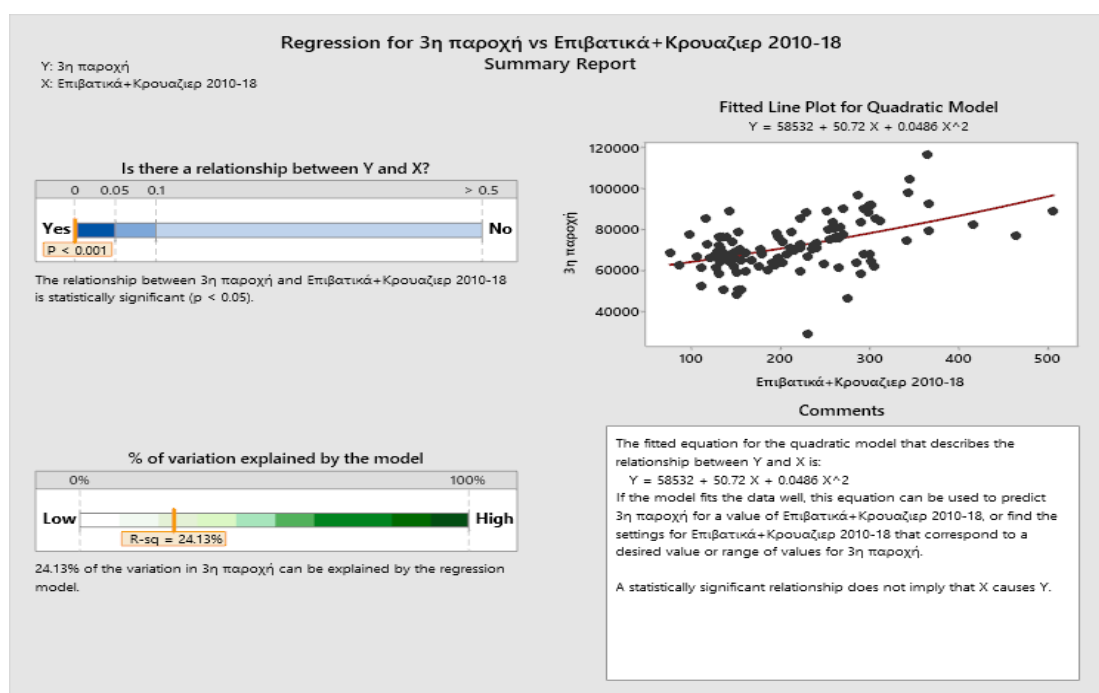
Εικόνα Γ-125. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 1ης και 3ης παροχής 2010-18



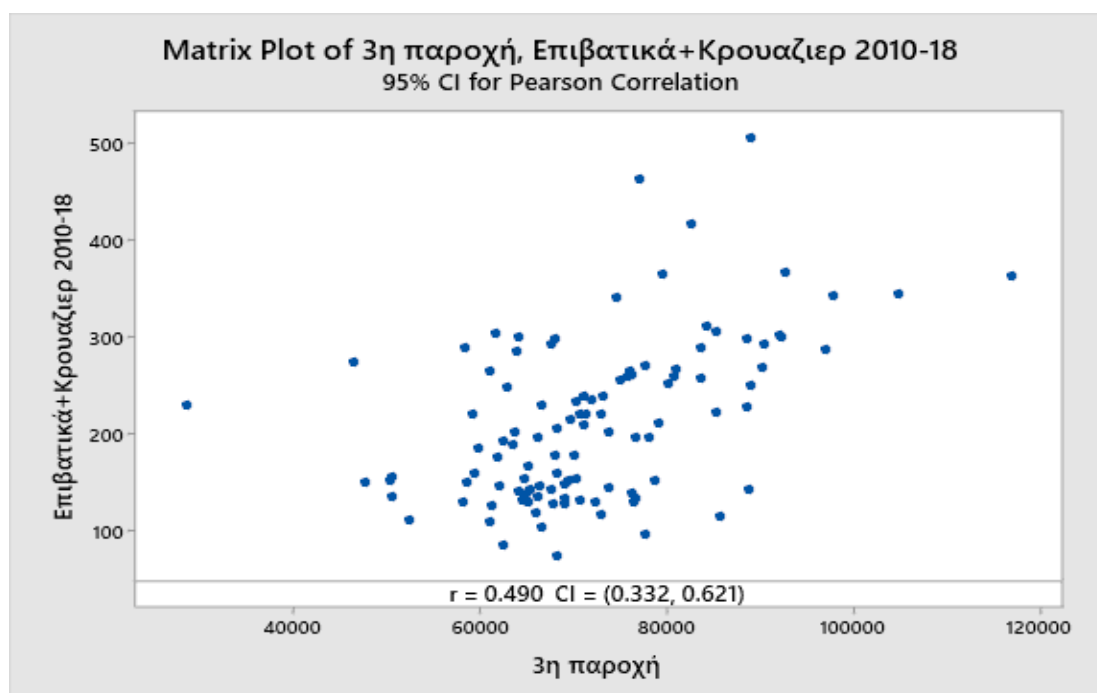
Εικόνα Γ-126. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης παροχής με κρουαζιερόπλοια και επιβατικά 2010-18



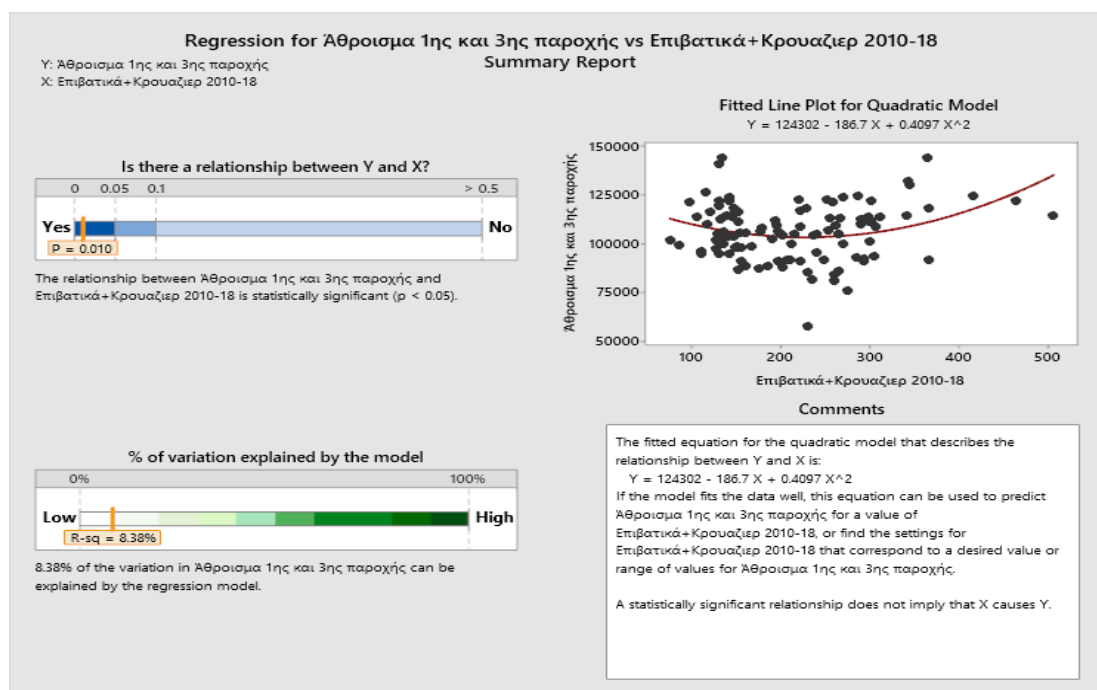
Εικόνα Γ-127. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2010-18



Εικόνα Γ-128. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 3ης παροχής με κρουαζιερόπλοια και επιβατικά 2010-18



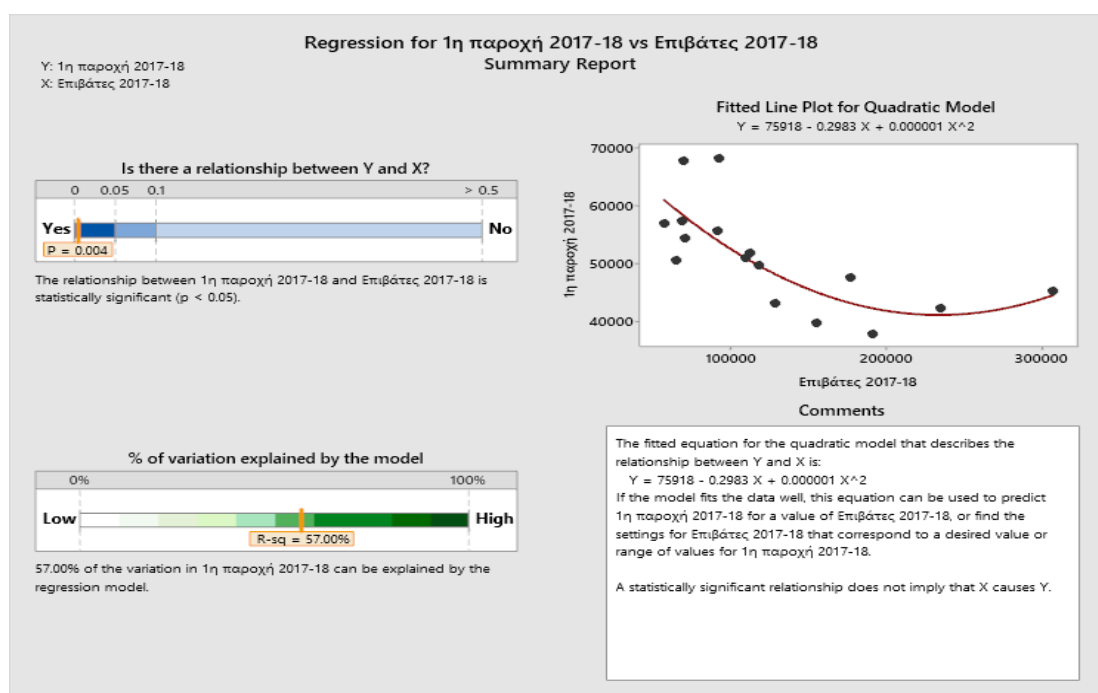
Εικόνα Γ-129. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2010-18



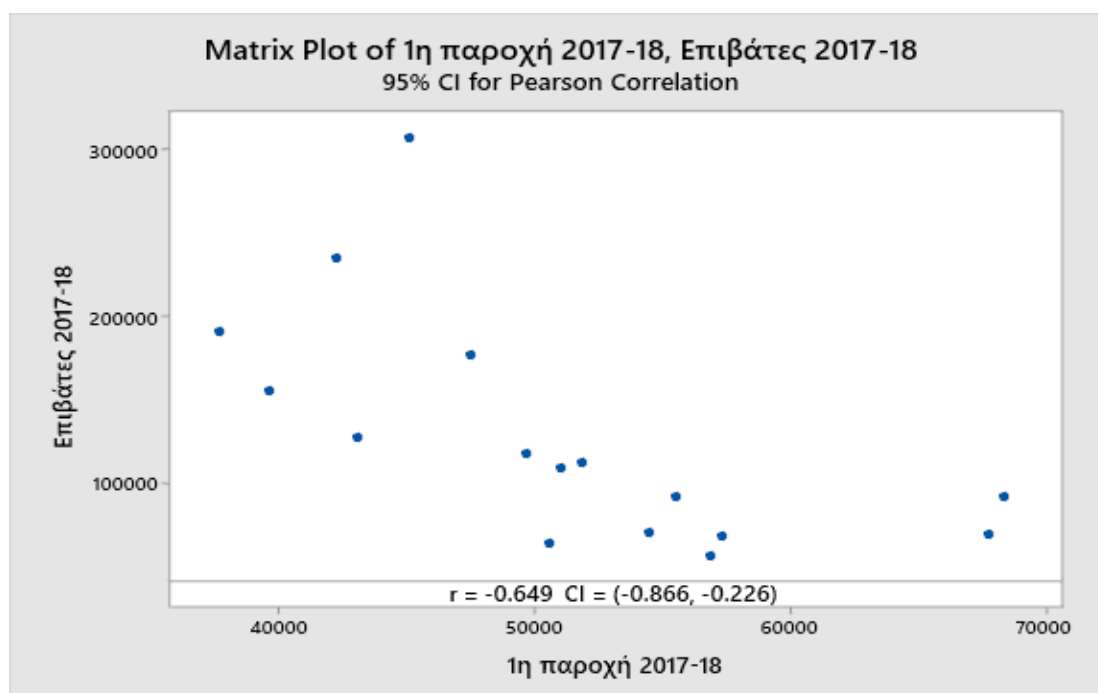
Εικόνα Γ-130. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας 1ης και 3ης παροχής με κρουαζιερόπλοια και επιβατικά 2010-18



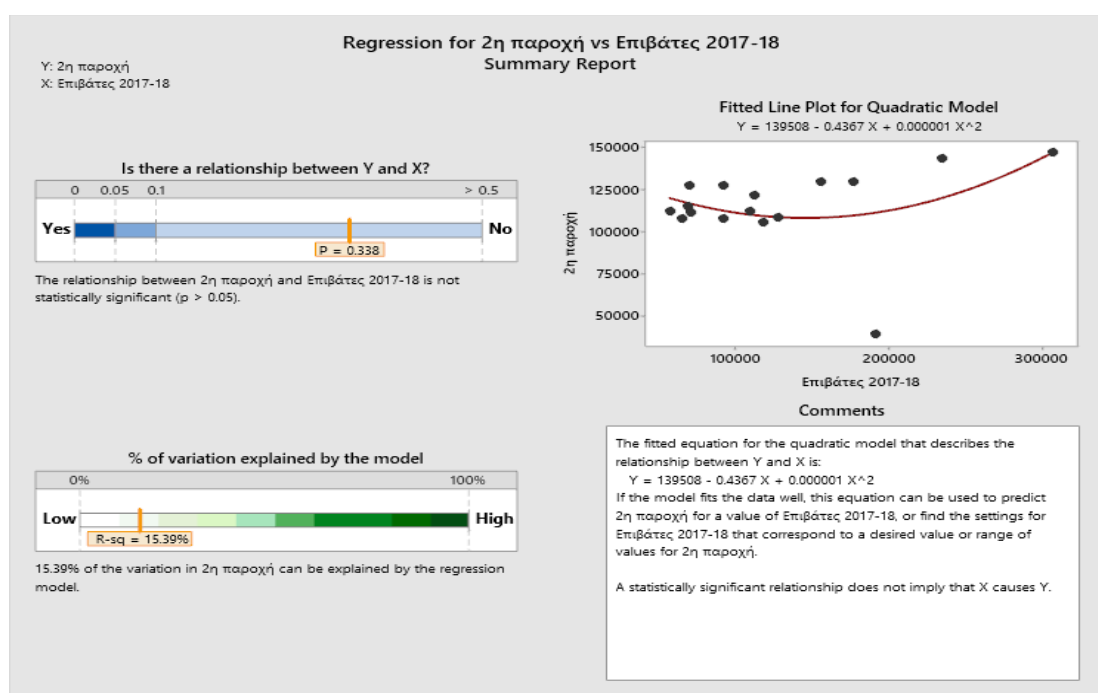
Εικόνα Γ-131. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 1ης και 3ης παροχής 2010-18



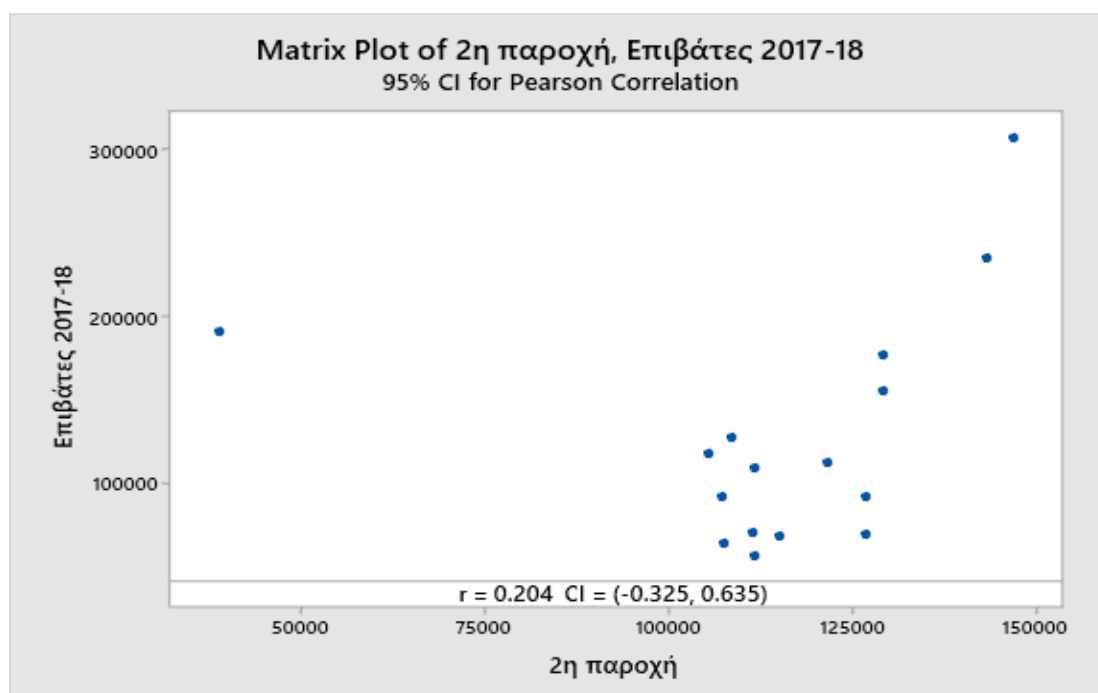
Εικόνα Γ-132. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας με επιβάτες 1ης παροχής 2017-18



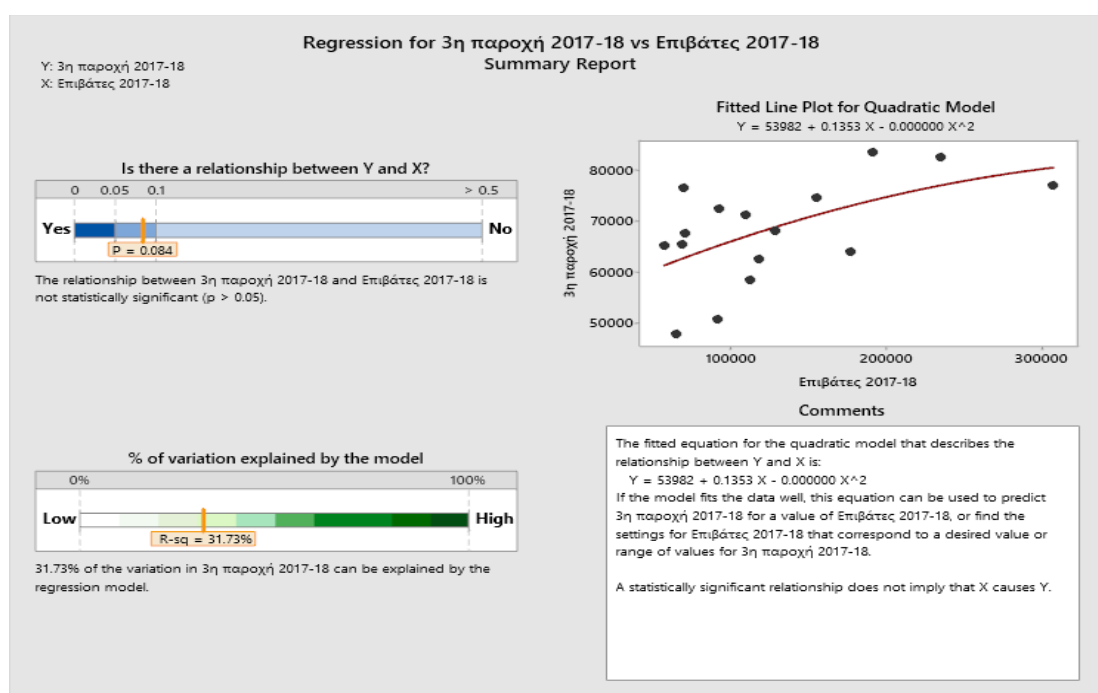
Εικόνα Γ-133. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18



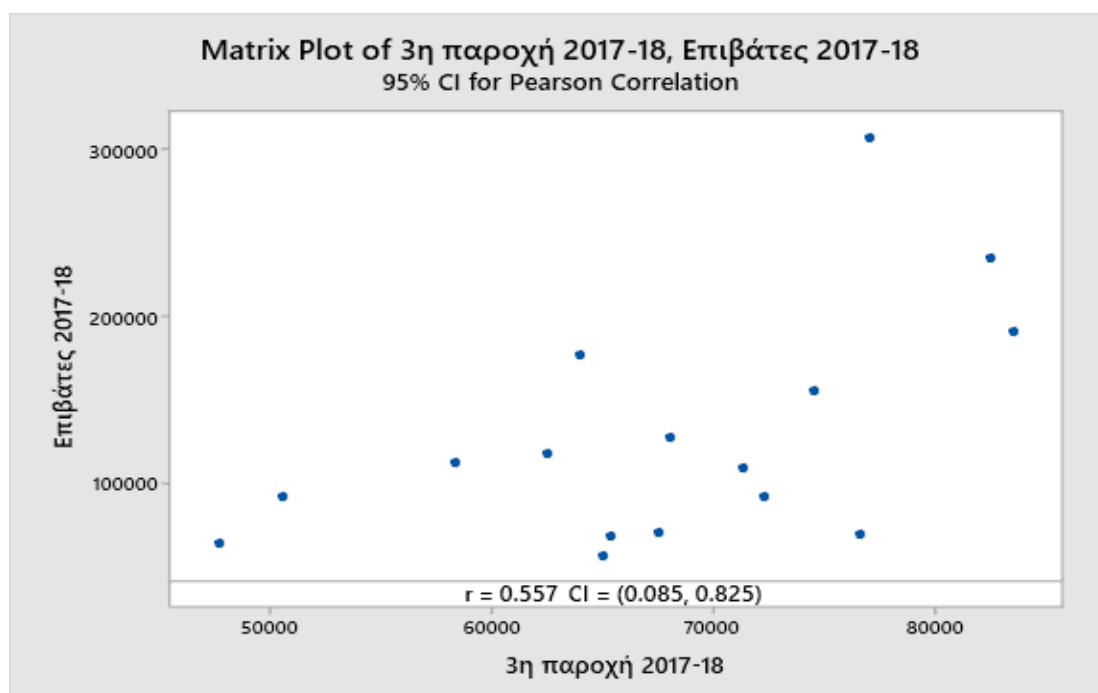
Εικόνα Γ-134. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας με επιβάτες 2ης παροχής 2017-18



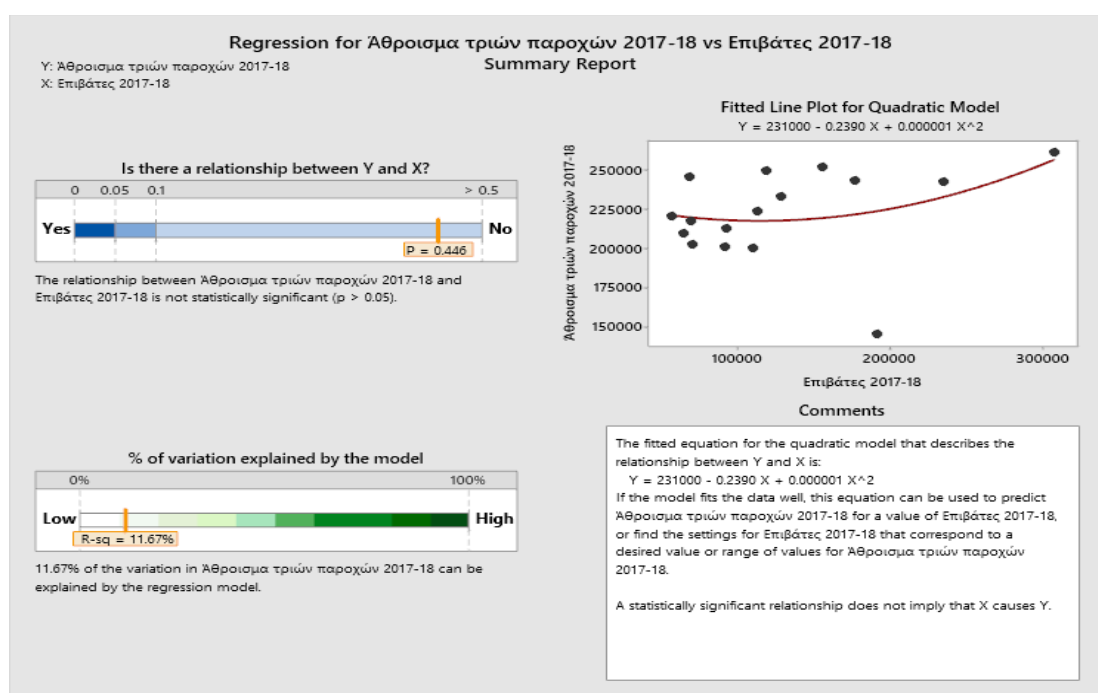
Εικόνα Γ-135. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18



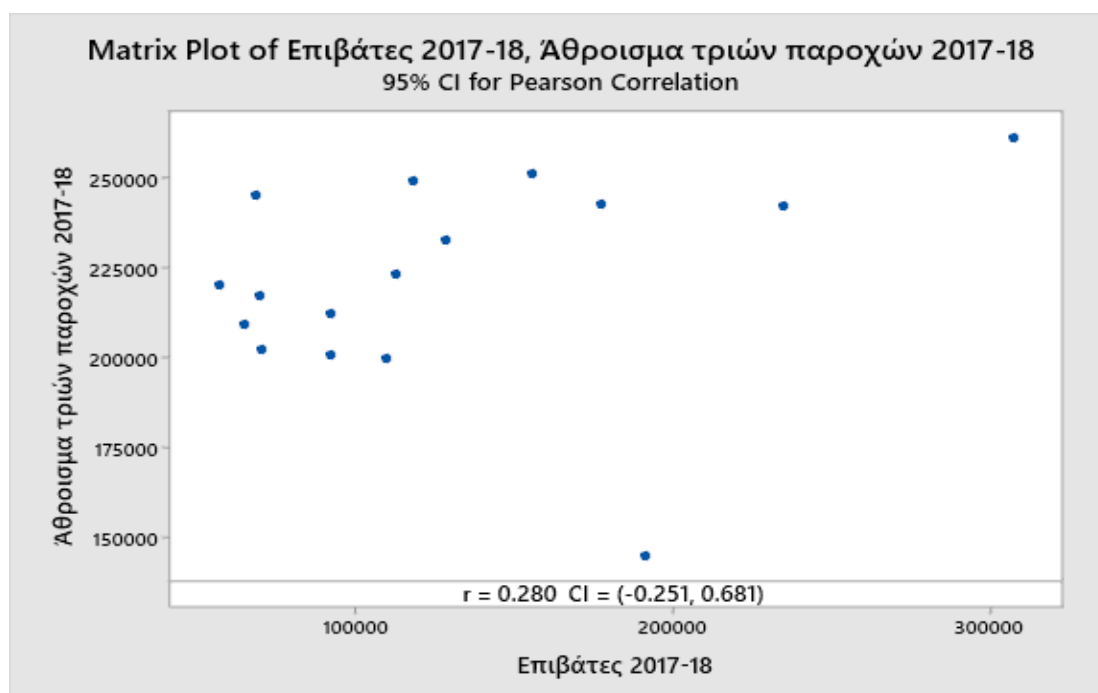
Εικόνα Γ-136. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας με επιβάτες 3ης παροχής 2017-18



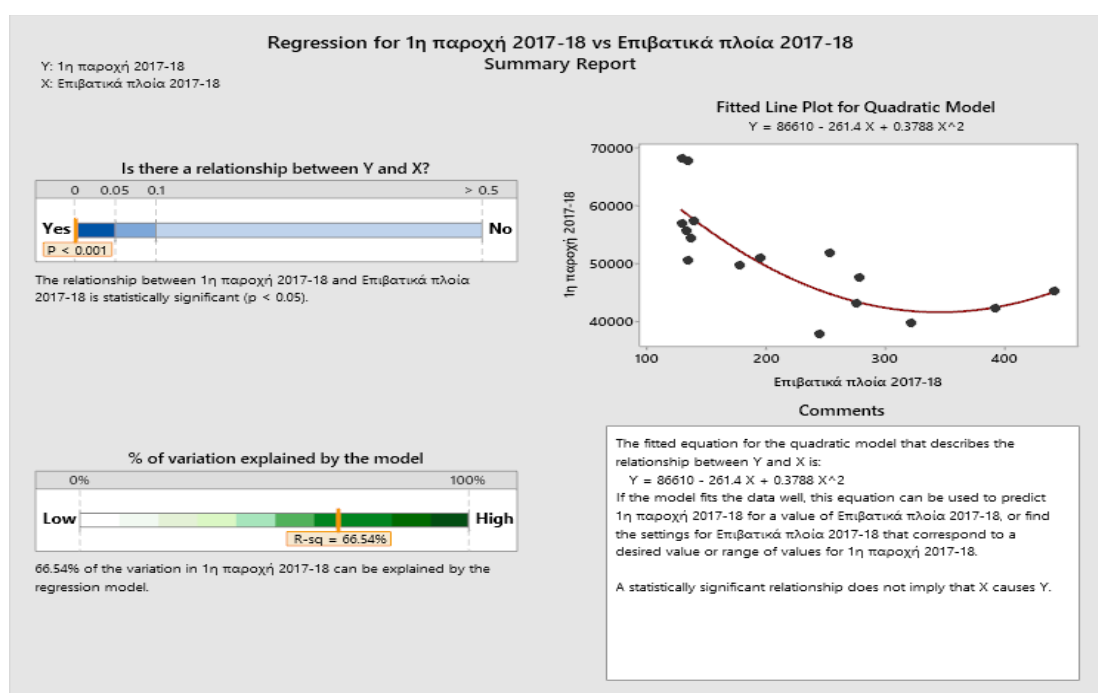
Εικόνα Γ-137. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18



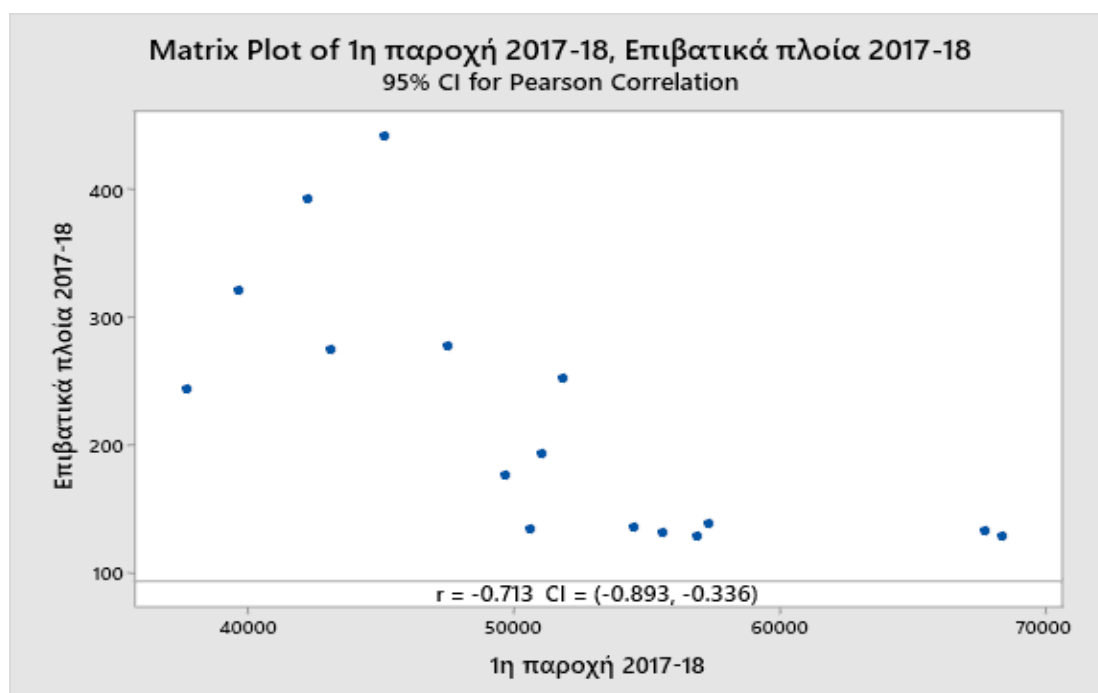
Εικόνα Γ-138. Παλινδρόμηση συνολικής ενέργειας τριών παροχών με επιβάτες 2017-18



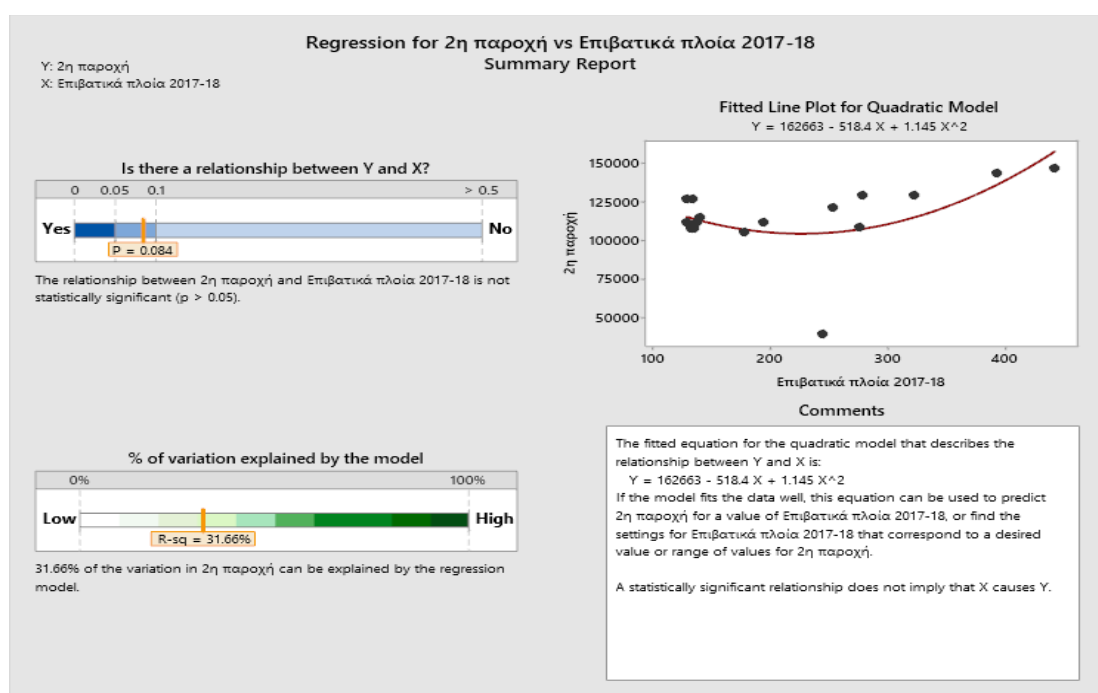
Εικόνα Γ-139. Συσχέτιση επιβατών με συνολική ενέργεια τριών παροχών 2017-18



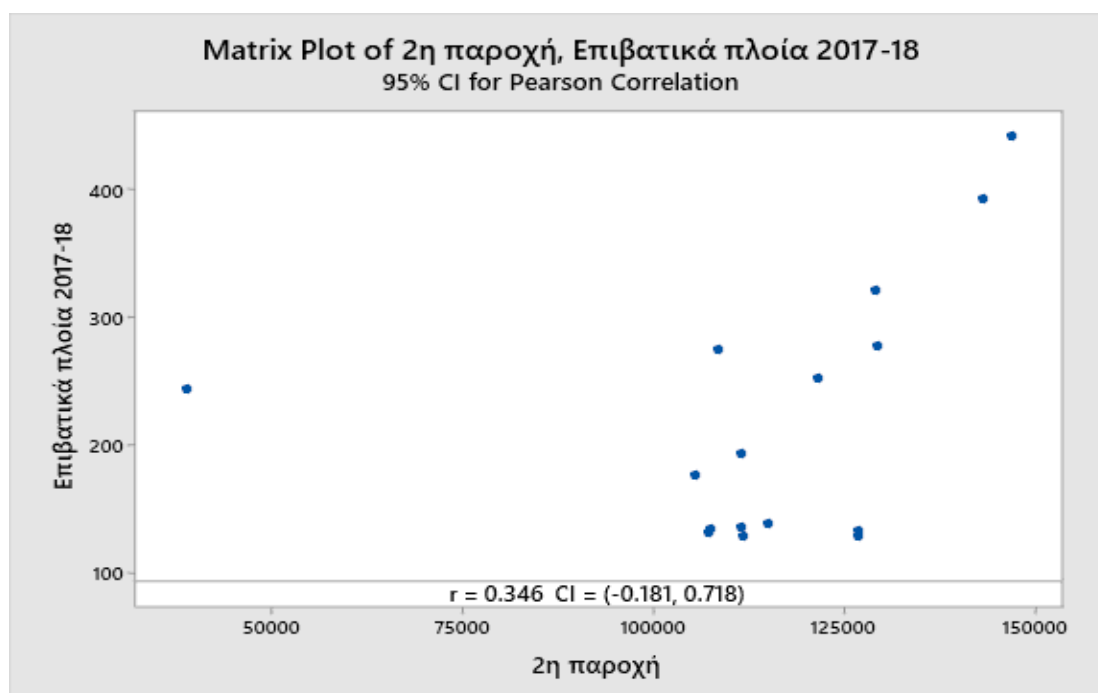
Εικόνα Γ-140. Παλινδρόμηση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18



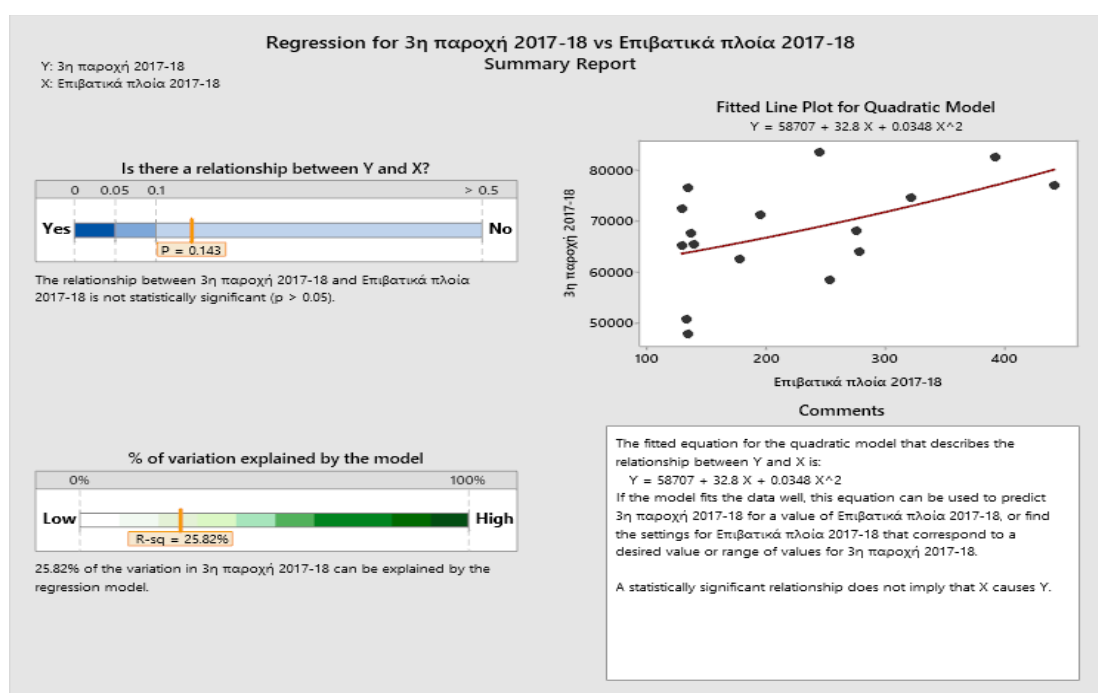
Εικόνα Γ-141. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18



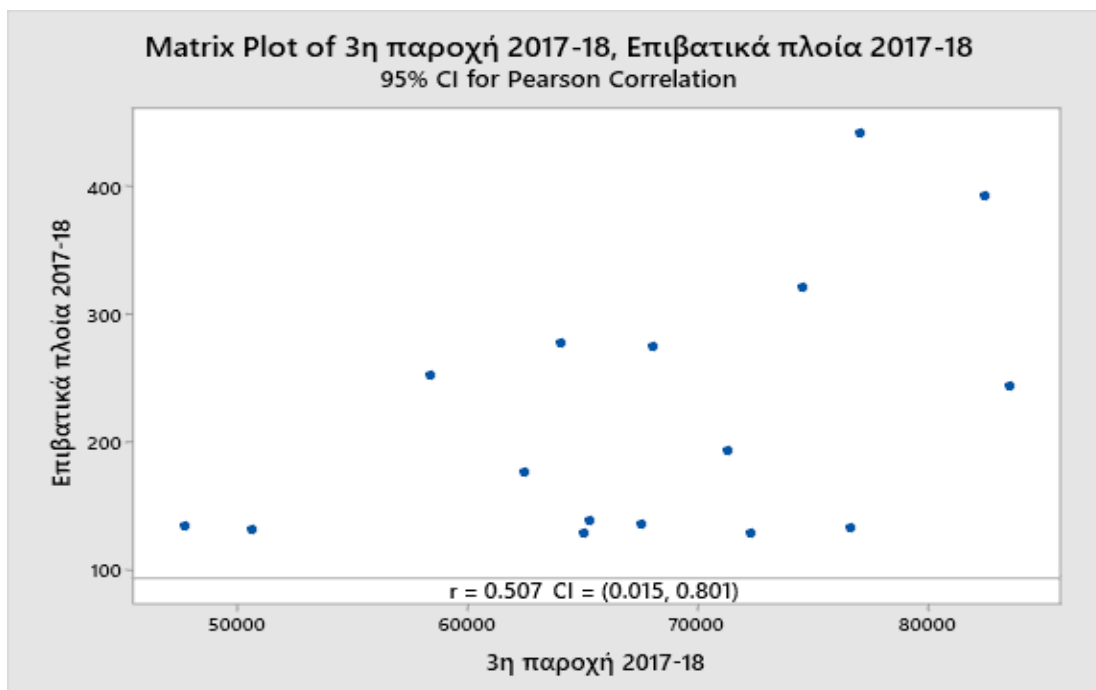
Εικόνα Γ-142. Παλινδρόμηση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18



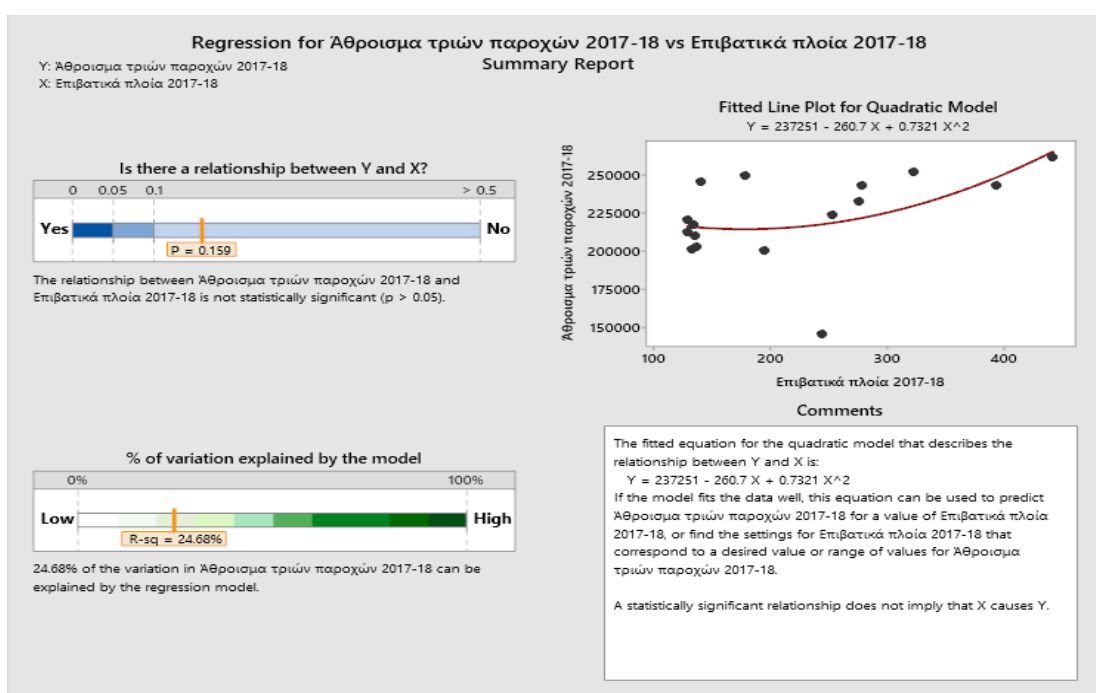
Εικόνα Γ-143. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18



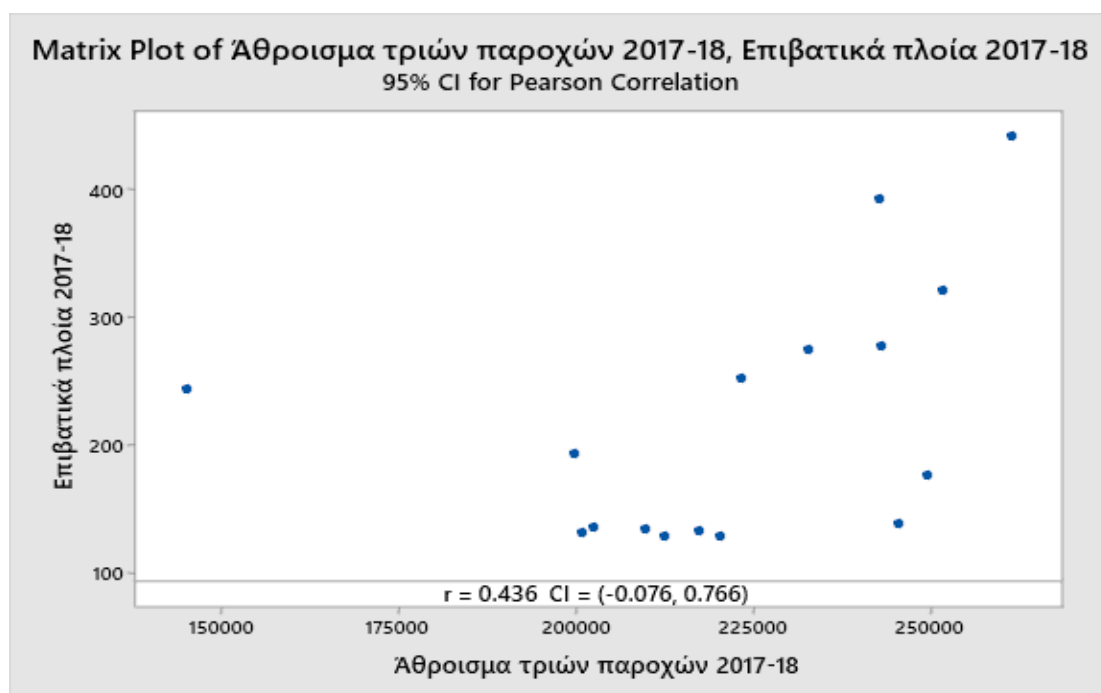
Εικόνα Γ-144. Παλινδρόμηση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18



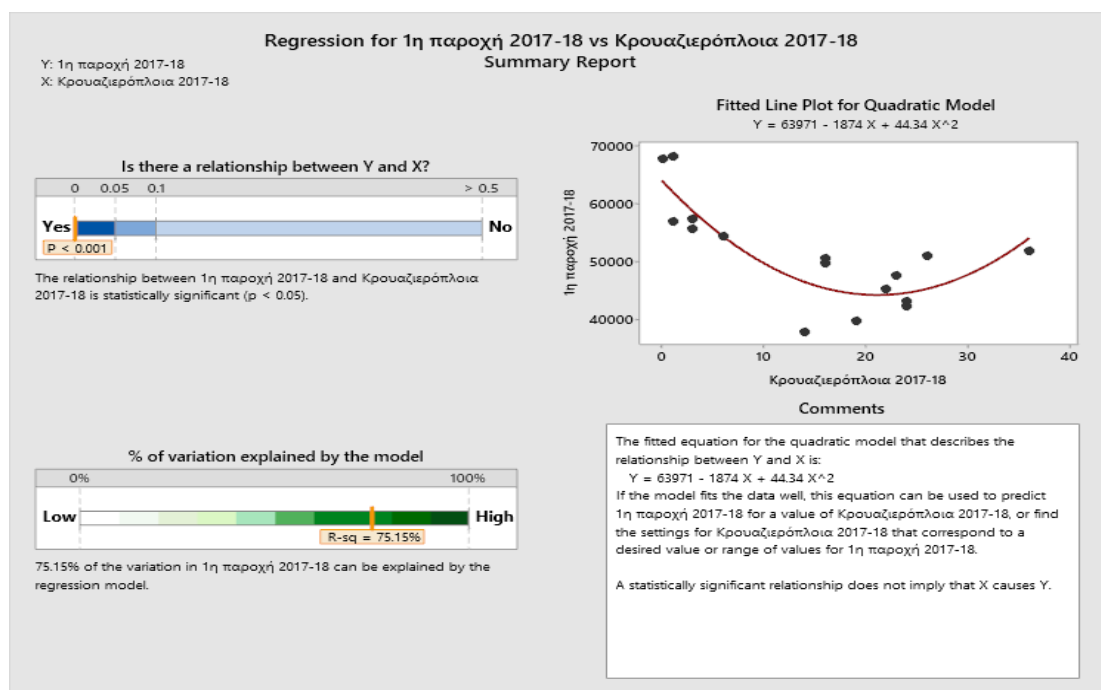
Εικόνα Γ-145. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18



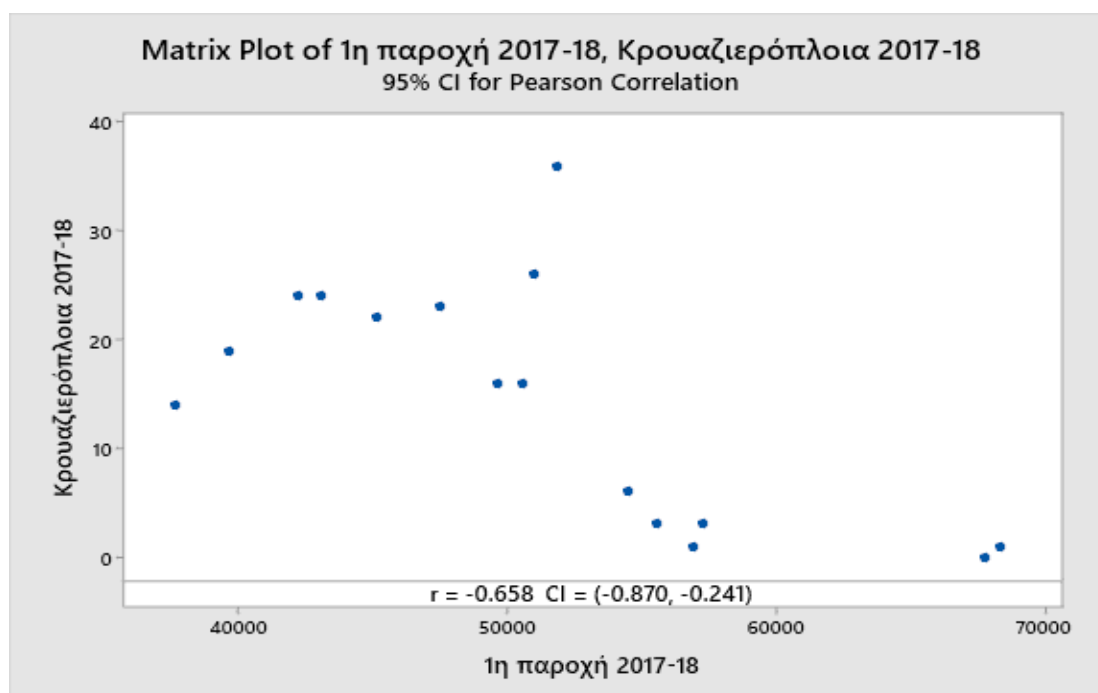
Εικόνα Γ-146. Παλινδρόμηση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια τριών παροχών 2017-18



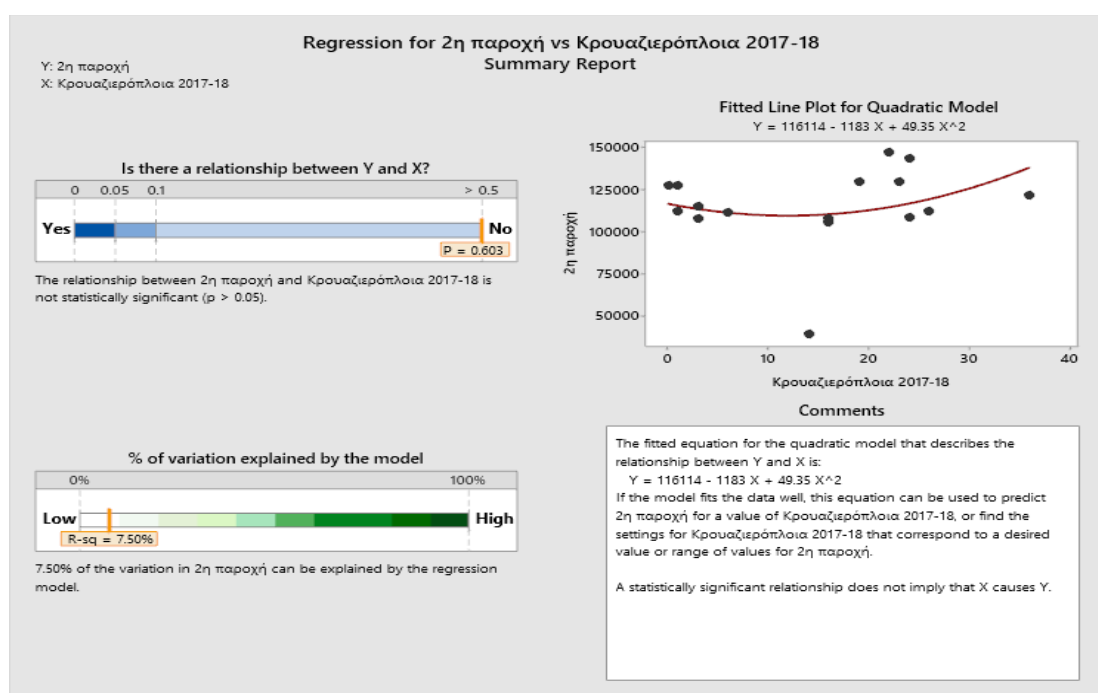
Εικόνα Γ-147. Συσχέτιση επιβατικών πλοίων με συνολική ενέργεια των τριών παροχών 2017-18



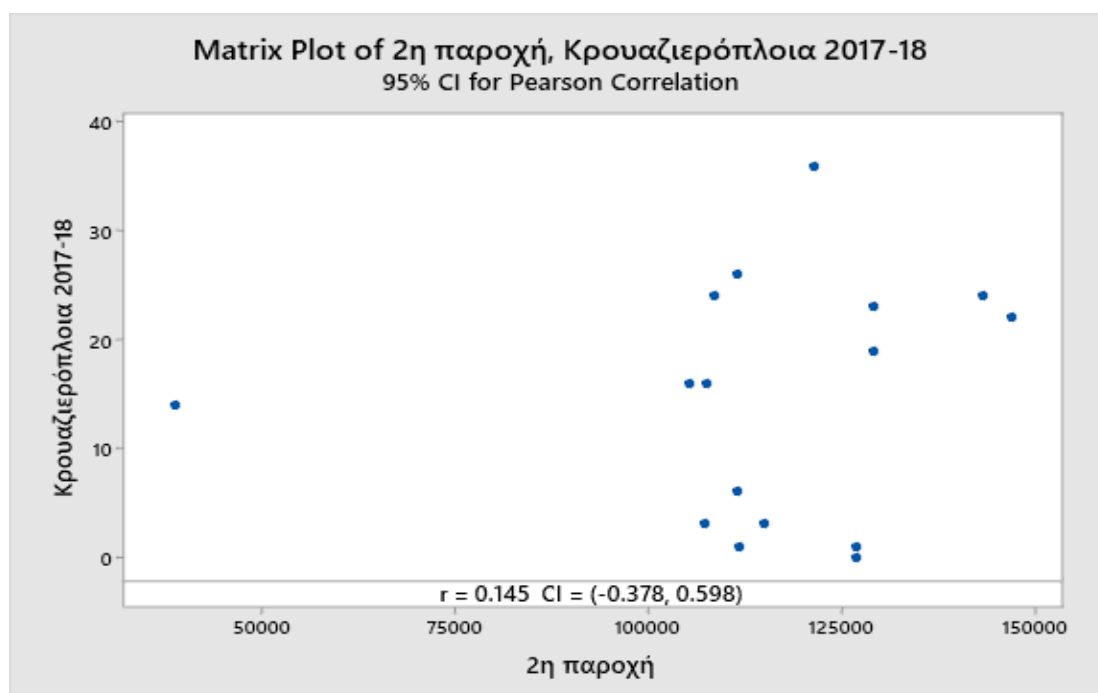
Εικόνα Γ-148. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18



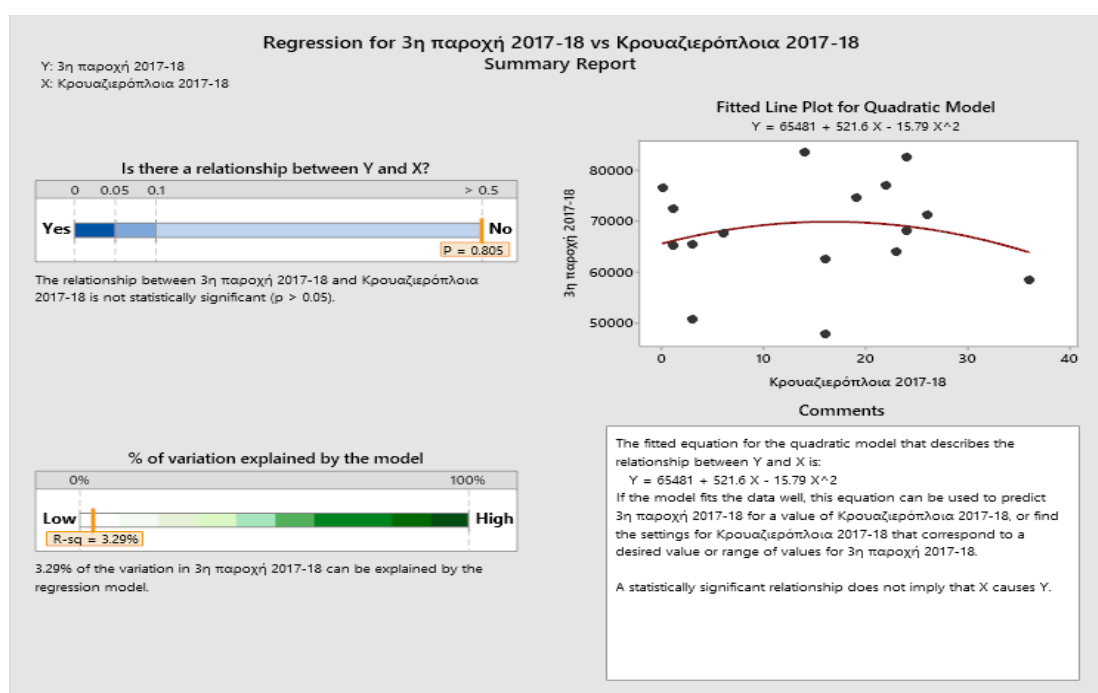
Εικόνα Γ-149. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18



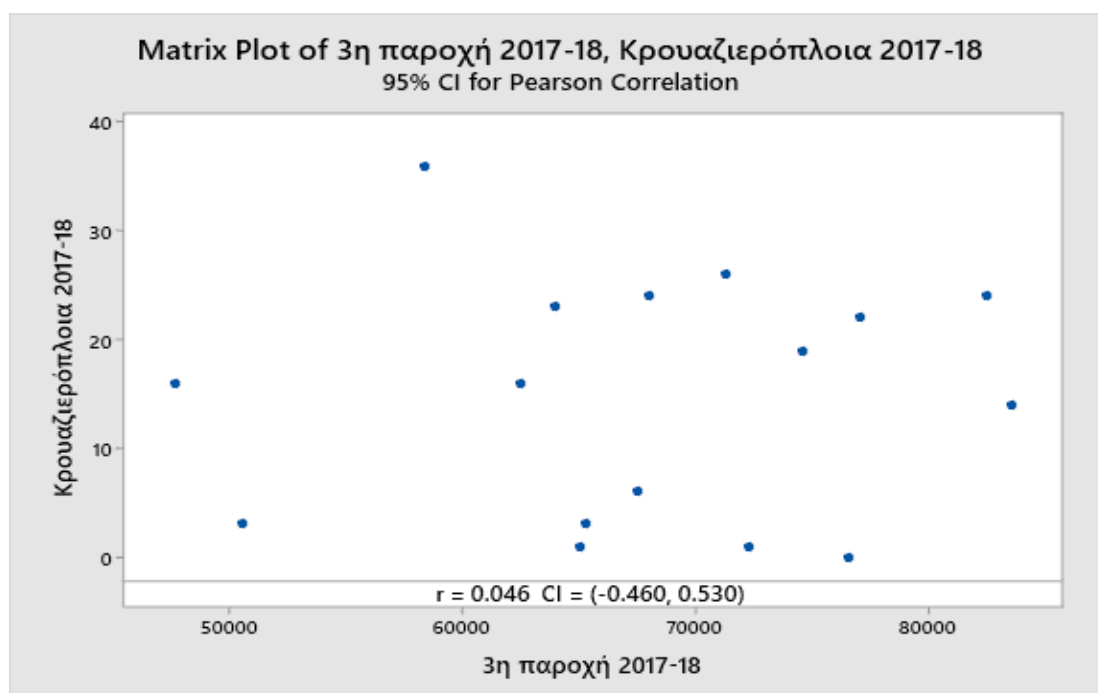
Εικόνα Γ-150. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18



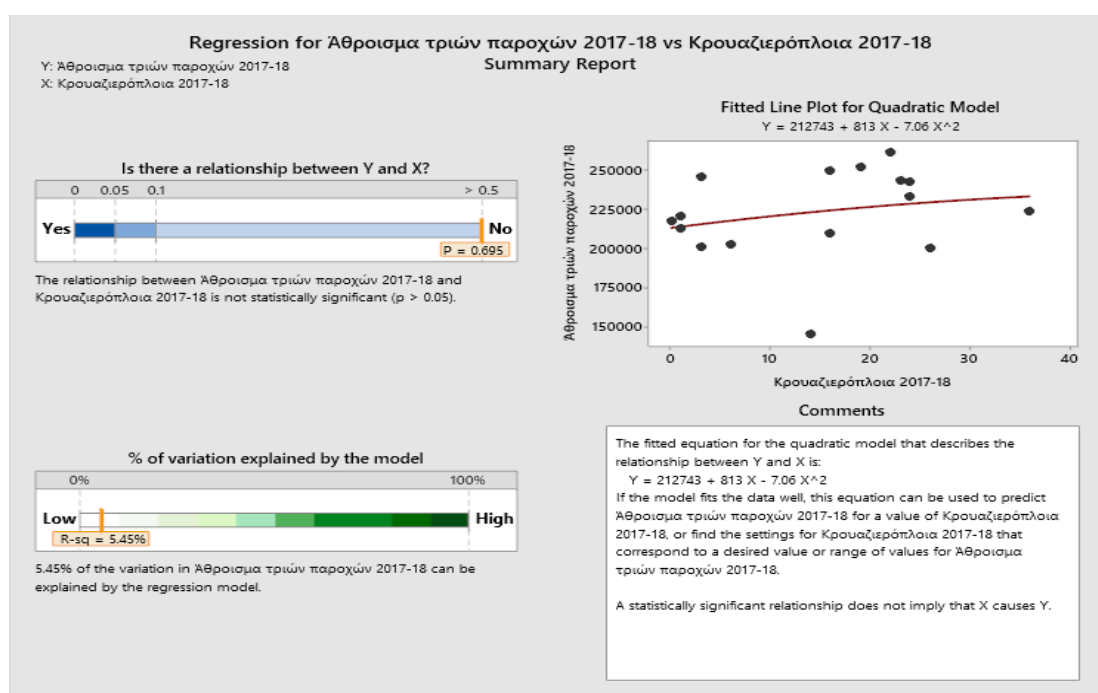
Εικόνα Γ-151. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18



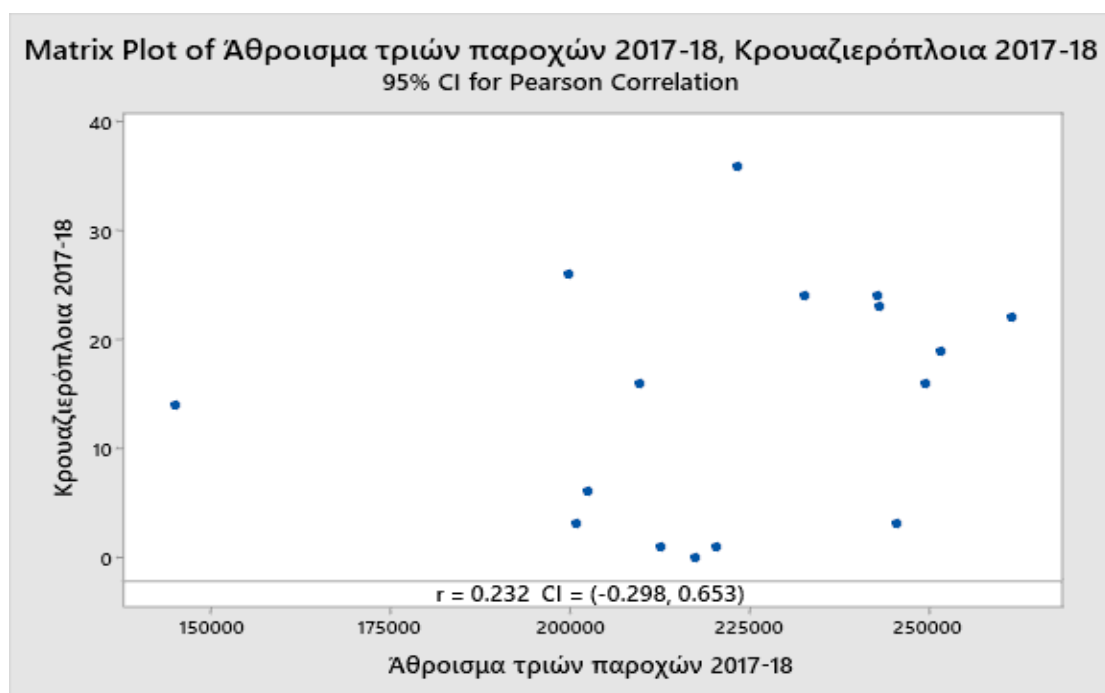
Εικόνα Γ-152. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18



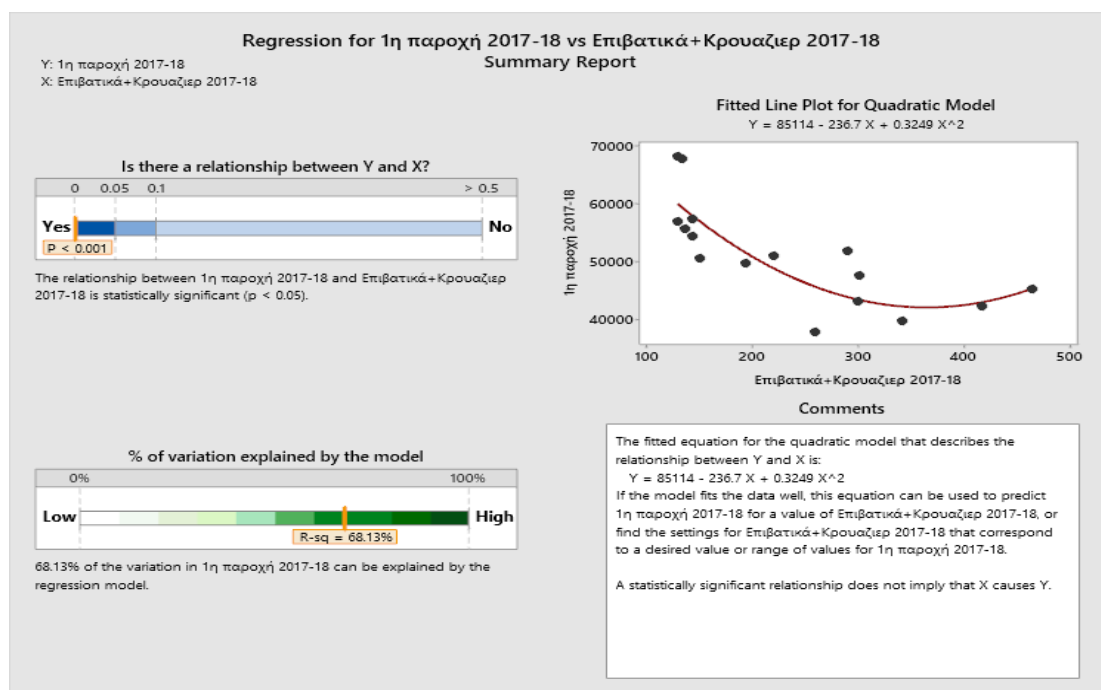
Εικόνα Γ-153. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18



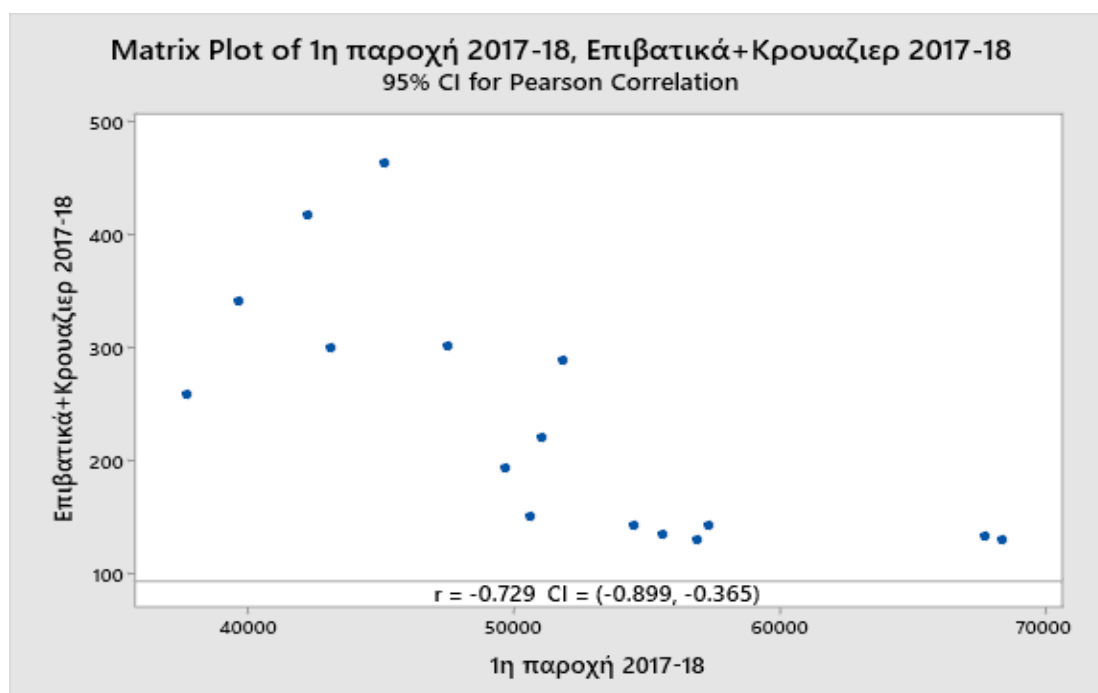
Εικόνα Γ-154. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια των τριών παροχών 2017-18



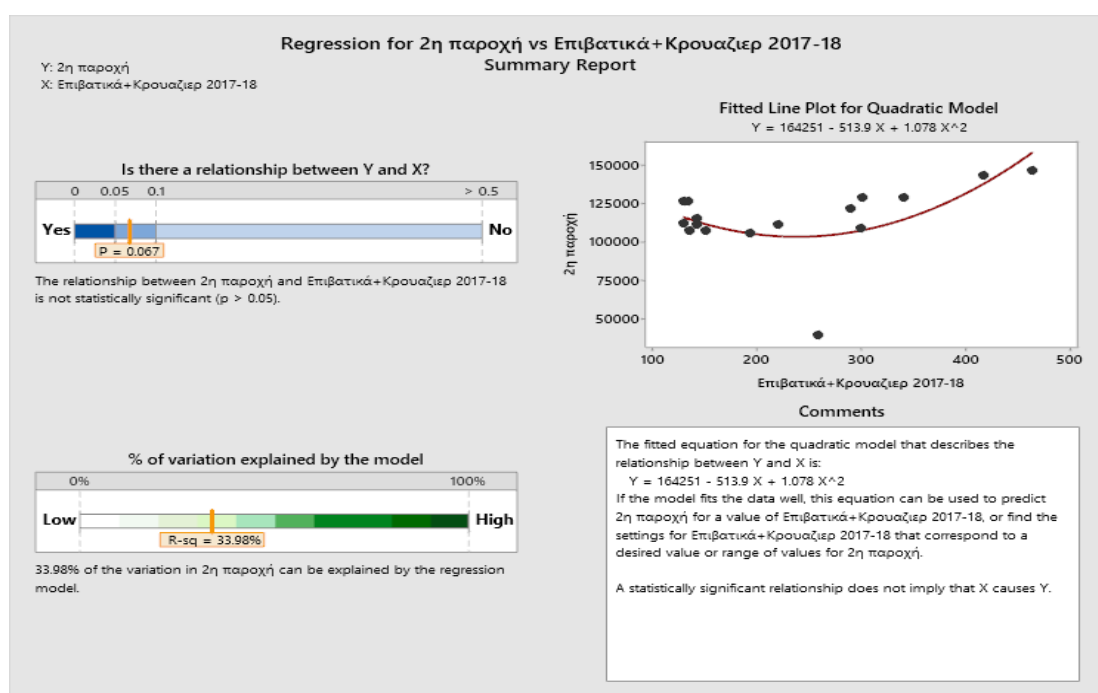
Εικόνα Γ-155. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων με συνολική ενέργεια των τριών παροχών 2017-18



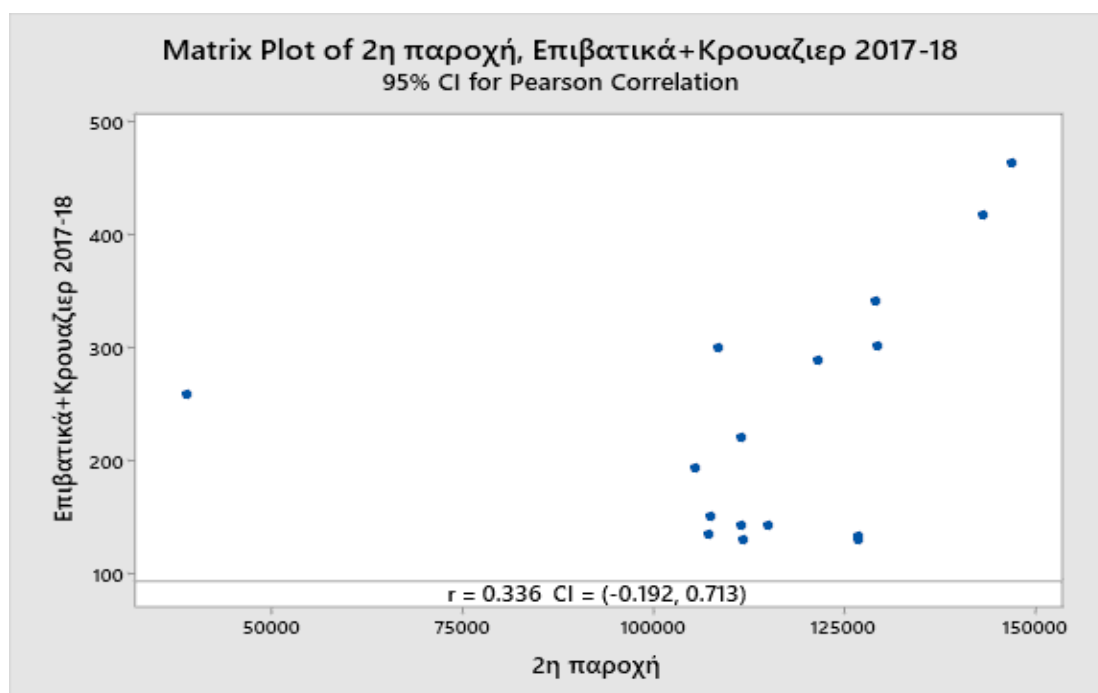
Εικόνα Γ-156. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18



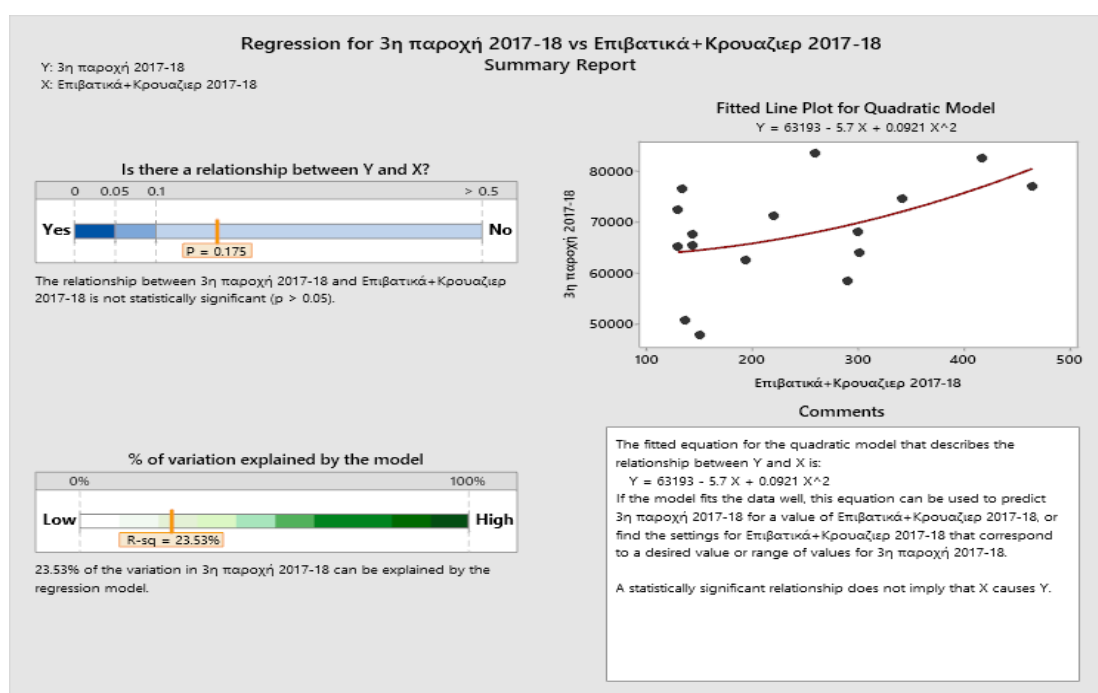
Εικόνα Γ-157. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 1ης παροχής 2017-18



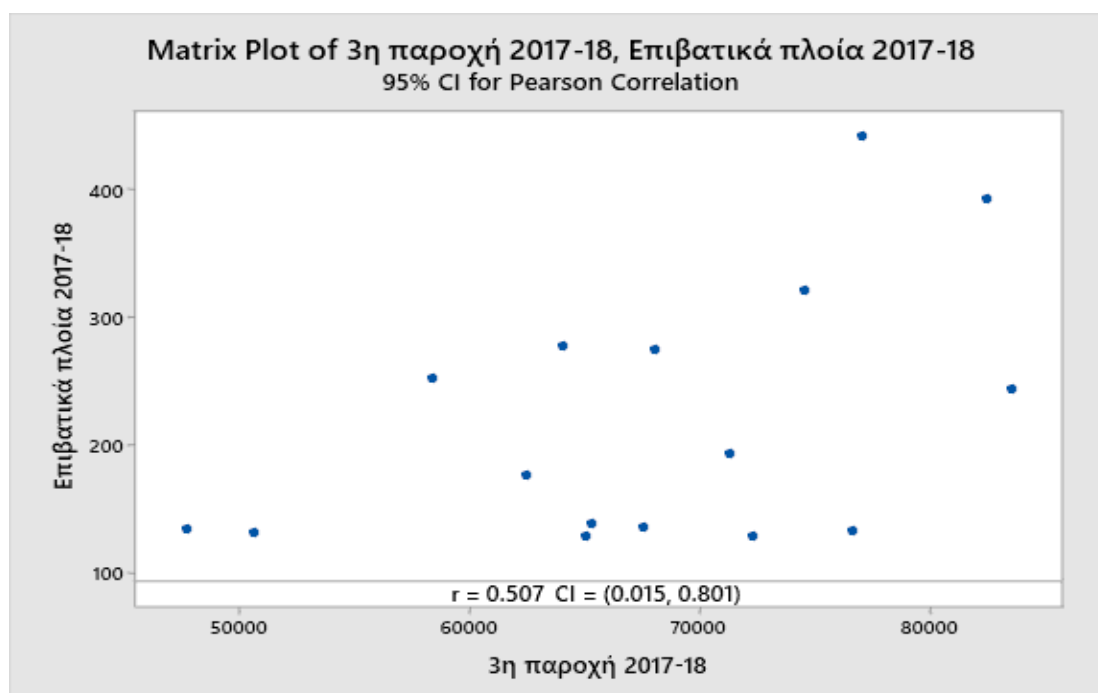
Εικόνα Γ-158. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18



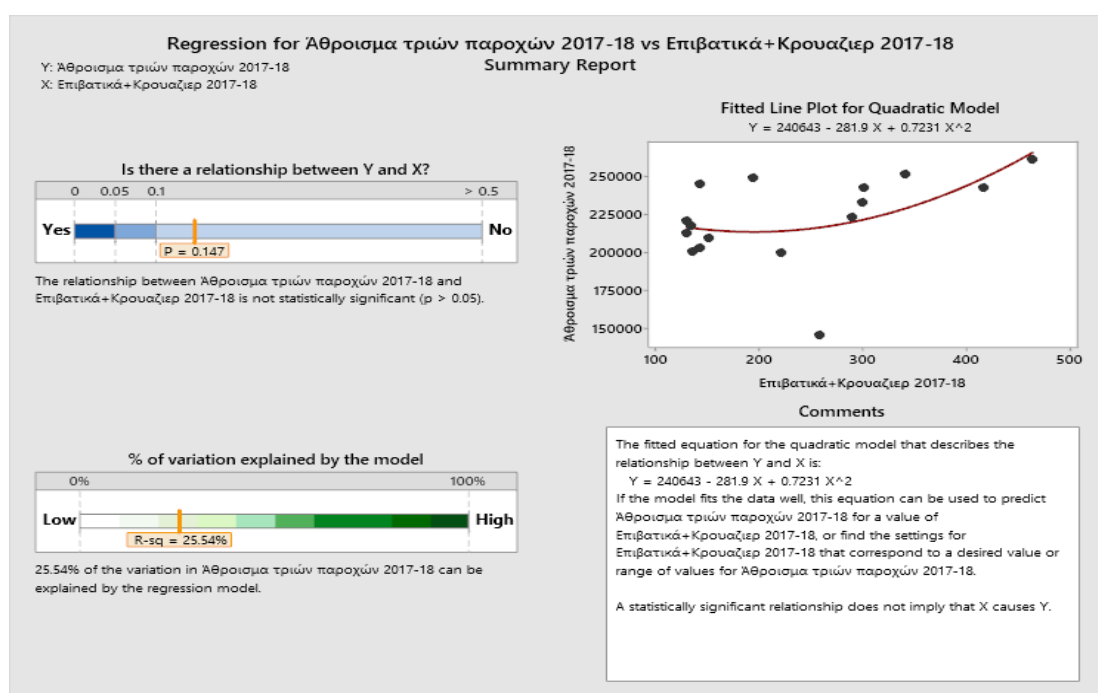
Εικόνα Γ-159. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 2ης παροχής 2017-18



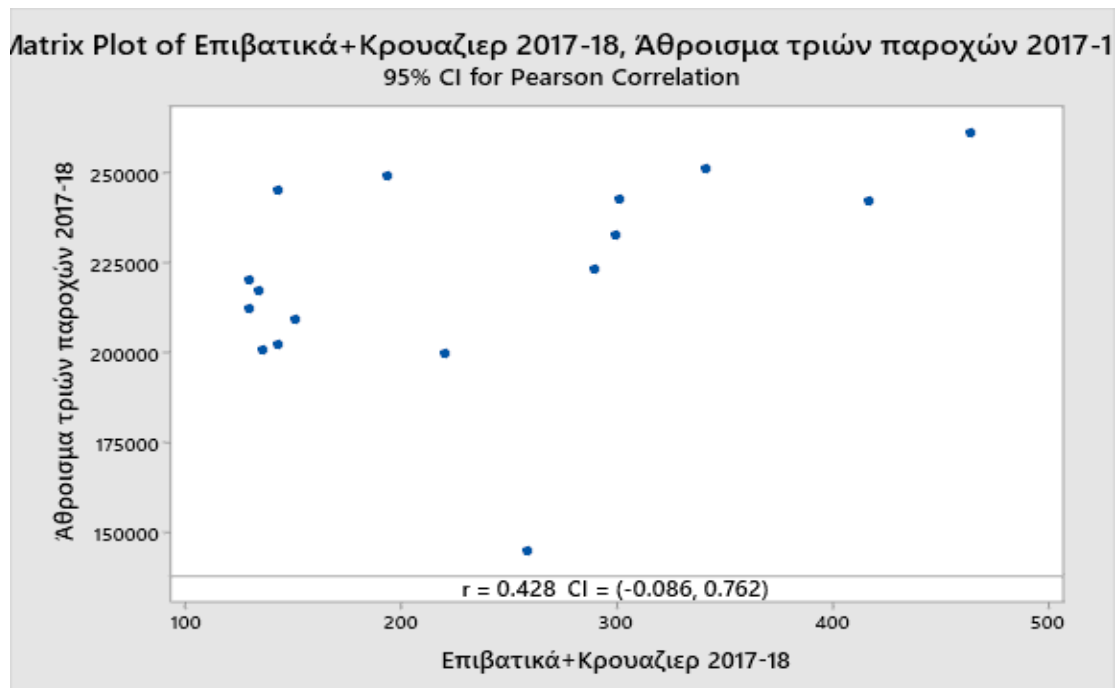
Εικόνα Γ-160. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18



Εικόνα Γ-161. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια 3ης παροχής 2017-18



Εικόνα Γ-162. Παλινδρόμηση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια των τριών παροχών 2017-18



Εικόνα Γ-163. Συσχέτιση κρουαζιερόπλοιων και επιβατικών με συνολική ενέργεια των τριών παροχών 2017-18