



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τεχνικο-οικονομική μελέτη βελτιστοποίησης ψυχρής εκκίνησης λιμένος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελένη Π. Λαμπρινίδα

Επιβλέπων: Τσεκούρας Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑΔΑ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τεχνικο-οικονομική μελέτη βελτιστοποίησης ψυχρής εκκίνησης λιμένος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελένη Π. Λαμπρινίδη

Επιβλέπων: Τσεκούρας Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑΔΑ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 28^η Σεπτεμβρίου 2020.

Τσεκούρας Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑΔΑ

Προυσαλίδης Ιωάννης
Καθηγητής ΕΜΠ

Γκόνος Ιωάννης
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2020



Ελένη Π. Λαμπρινίδα

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ελένη Π. Λαμπρινίδα, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον 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 Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αφορά τη μελέτη σχεδίασης ψυχρής εκκίνησης λιμένος με χρήση μεθόδου βελτιστοποίησης από πλευράς κατασκευής και λειτουργίας λιμένος λαμβάνοντας υπόψη τη δυνατότητα διείσδυσης ΑΠΕ και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε αντλησιοταμιευτήρα.

Αρχικά πραγματοποιείται μία σύντομη εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίων και λιμένων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στα ζητήματα της ψυχρής εκκίνησης. Στη συνέχεια μελετάται ο τρόπος εκτίμησης του φορτίου που ζητείται να εξυπηρετηθεί από κεντρικό δίκτυο, αλλά και από πλευράς λιμένα στην περίπτωση τροφοδότησης διαφόρων πλοίων. Ακολούθως παρουσιάζεται ο κλασικός τρόπος σχεδίασης συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της εξυπηρέτησης φορτίου από μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας (συνήθως θερμικές) και διαδοχικά μελετάται η προσθήκη συστήματος αποθήκευσης ενέργειας υπό τη μορφή αντλησιοταμίευσης και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υπό μορφή φωτοβολταϊκών.

Η μελέτη αυτή γίνεται υπό τη χρήση του περιβάλλοντος MATLAB. Αρχικά εξετάζεται η κάλυψη των αναγκών φορτίου συγκεκριμένων πλοίων λιμένος εξολοκλήρου από τη χρήση ντιζελογεννητριών. Στη συνέχεια υπολογίζεται η παραγωγή από κάθε μονάδα για την κάλυψη των αναγκών των πλοίων μέσω του συστήματος ψυχρής εκκίνησης. Εξετάζεται η κάλυψη των αναγκών εξολοκλήρου από τον πάροχο σε πρώτη φάση. Σε δεύτερη φάση εξετάζεται η κάλυψη των αναγκών από τον πάροχο, σε συνδυασμό με το φωτοβολταϊκό πάρκο του λιμένα. Με τον αλγόριθμο υπολογισμού της ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου του λιμένα να γίνεται βάσει καιρικών δεδομένων και στη συνέχεια η ισχύς αυτή αφαιρείται από το συνολικό φορτίο ζήτησης. Το υπολειπόμενο φορτίο θα καλυφθεί από τις συμβατικές μονάδες. Για την περίπτωση όπου υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας, έχει αναπτυχθεί αλγόριθμος όπου δείχνει κατά τη διάρκεια ποιας περιόδου της ημέρας μπορεί να απορροφηθεί ενέργεια από το δίκτυο (απορρόφηση ενέργειας χαμηλού κόστους) και ποια περίοδο υπάρχει η δυνατότητα απόδοσης ενέργειας στο δίκτυο (απόδοση ενέργειας τις ώρες αιχμής, όπου η παραγωγή είναι υψηλή). Η ωριαία αυτή απορρόφηση και πρόσδοση ισχύος από το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας προστίθεται ή αφαιρείται αντίστοιχα από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για τον υπολογισμό του τιμολογίου.

Σειρά έχει το οικονομικό κόστος κατασκευής, η ολική οικονομική αντιμετώπιση συστημάτων ισχύος και η προσομοίωση ώστε να βρεθεί η βέλτιστη λύση για κάθε σενάριο και εν συνεχεία εάν και πότε είναι βιώσιμη μία τέτοια επένδυση για τον λιμένα, ανάλογα με το είδος των πλοίων που θα τροφοδοτούνται ηλεκτρικά από αυτόν.

Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι περιοχές για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις κλειδιά:

ψυχρή εκκίνηση, φορτίο λιμένα, φωτοβολταϊκά πλαίσια, φωτοβολταϊκό πάρκο, αποθήκευση ενέργειας, αντλησιοταμίευση, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Abstract

The current thesis refers to a study of a port's cold ironing system with the use of optimization, including the possibility of renewable energy sources penetration and the use of pumped-storage hydropower.

It starts with a short introduction to electric energy systems of a ship and a port, focusing on cold ironing. Then, the load estimation is studied, where load is going to be served by the central electric grid (and the port in case of cold ironing). Next is the presentation of the electric system design for the contextually load. At first the load is covered by power plants (mainly thermal) and then the addition of a stored energy system (specifically pumped-storage hydropower) and the use of renewable energy sources (specifically photovoltaic solar energy) is studied.

In order to be accomplished the current thesis, MATLAB was used. The need of load, of specific docked ships, is investigated to be served by the diesel engines of these ships. Then, the production of the power plants is calculated, in order to serve the load of the ships in case of cold ironing. At first, the coverage of load is investigated to come from the power supplier. Then, the coverage of load is investigated to come from the power supplier and the photovoltaic park. The algorithm, which calculates the power of the port's photovoltaic park, is based on weather data. Afterward, the power, of the photovoltaic park, is subtracted from the total load in need. The remaining load is going to be covered by conventional power plants. In case energy storage is possible, a separate algorithm is developed. This algorithm indicates during which period of the day energy can be stored to the energy storage system and during which period energy, coming from the storage system, penetrates into the network. This hourly storage or support of power is added or subtracted, respectively, from the total hourly port's load, in order to calculate the bill.

Next is the estimation of the construction cost, the total economic treatment of power systems and the simulation in order to find the optimal solution for every scenario. Additionally is estimated when and if such an investment is viable for the port, based on the type of ships which are going to be supplied by the port.

Last is the presentation of the research findings and fields for further investigation.

Keywords:

cold ironing, port's load, photovoltaic panels, photovoltaic park, energy storage, pumped-storage hydropower, renewable energy sources

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Τσεκούρα Γεώργιο για την πολύτιμη και συστηματική καθοδήγηση κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μελέτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Προυσαλίδη Ιωάννη για την παροχή πληροφοριών που χρειάστηκαν κατά τη μελέτη και τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Ακόμα, ευχαριστώ τον κύριο Γκόνο Ιωάννη για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη συνεχή τους στήριξη.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract.....	6
Ευχαριστίες.....	7
Πίνακας σχημάτων.....	13
Πίνακας πινάκων	18
1. Εισαγωγή.....	24
1.1 Εισαγωγή στη σχεδίαση συστημάτων πρόωσης και συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας πλοίων	24
1.2 Σύστημα πρόωσης.....	25
1.2.1 Ηλεκτροπρόωση	25
1.2.2 Ηλεκτροπρόωση με συνεχές ρεύμα.....	26
1.2.3 Ηλεκτροπρόωση με εναλλασσόμενο ρεύμα.....	27
1.3 Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.....	28
1.3.1 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας με εναλλασσόμενο ρεύμα	28
1.3.2 Δίκτυα μέσης τάσεως.....	30
1.4 Φορτία πρόωσης και ηλεκτρικών καταναλώσεων	30
1.4.1 Εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού του φορτίου	31
1.4.2 Ηλεκτρικός Ισολογισμός.....	32
1.4.3 Ισολογισμός αέργου ισχύος	33
1.5 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις.....	33
1.5.1 Περιορισμοί εκπομπών και καυσίμων πλοίων	33
1.5.2 Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον που σχετίζονται με τις μηχανές ντίζελ των πλοίων.....	34
1.5.3 Μέθοδοι ελέγχου των εκπομπών για τη μείωση των ρύπων των πλοίων	35
1.6 Η έννοια της ψυχρής εκκίνησης.....	36
1.7 Τυποποίηση ψυχρής εκκίνησης	36
1.8 Τεχνικά χαρακτηριστικά κατά την τυποποίηση της ψυχρής εκκίνησης	37
1.9 Προτεινόμενη δομή της ψυχρής εκκίνησης κατά την Ευρωπαϊκή Ένωση.....	37
1.10 Το πρόβλημα του αγείωτου δικτύου πλοίου και του γειωμένου ξηράς	38
1.11 Εξοπλισμός ξηράς για την ψυχρή εκκίνηση	39

1.11.1 Μετασηματιστής	39
1.11.2 Σύστημα προστασίας	40
1.11.3 Καλώδια - διασυνδέσεις	40
1.11.4 Αλληλο-ασφαλίσεις – διατάξεις διασύνδεσης.....	40
1.12 Εξοπλισμός πλοίου για την ψυχρή εκκίνηση.....	41
1.12.1 Διατάξεις διανομής, μετασηματισμού και παραλληλισμού	41
1.12.2 Διατάξεις εύκαμπτων καλωδίων διασύνδεσης με ρευματοδότες	42
1.13 Αναγκαίες τεχνικές μελέτες.....	42
1.14 Ενδεικτικές εγκαταστάσεις.....	43
1.15 Πρόσθετα προβλήματα σε μικρά αυτόνομα νησιά	44
2. Εκτίμηση ζήτησης φορτίου	45
2.1 Ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος & ενέργειας.....	45
2.2 Ετεροχρονισμός / ταυτοχρονισμός φορτίου	48
2.3 Μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη φορτίου	52
2.3.1 Μοντέλο φορτίου-καιρού	53
2.3.2 Υπολογισμός της εξαρτώμενης και της μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας	54
2.3.3 Πρόβλεψη της μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας φορτίου	54
2.3.4 Προεκβολή μοντέλου φορτίου – καιρού και εκτίμηση μέσης τιμής & τυπικής απόκλισης της εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας φορτίου	55
2.3.5 Προεκβολή συνολικής αιχμής αντίστοιχου χρονικού βήματος	56
3 Μεσοπρόθεσμος σχεδιασμός εξυπηρέτησης φορτίου	57
3.1 Οικονομική κατανομή φορτίου σε μηχανές	57
3.1.1 Το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής μόνο με θερμικές μονάδες	57
3.2 Οικονομικό κόστος κατασκευής.....	59
3.2.1 Οικονομική θεωρία	59
3.2.2 Αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων.....	60
3.3 Υπολογισμός φωτοβολταϊκής εγκατάστασης	62
4 Βέλτιστος σχεδιασμός εξυπηρέτησης φορτίου	68
4.1 Εισαγωγή	68
4.2 Σταθμοί παραγωγής	69
4.2.1 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί.....	69
4.2.2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί	70
4.2.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ηλεκτρικής Ενέργειας	71

4.3 Οικονομικά μεγέθη σταθμών παραγωγής.....	71
4.4 Καμπύλες κόστους των σταθμών παραγωγής & κατανομή των μονάδων	75
4.5 Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.....	77
4.5.1 Γενικά.....	77
4.5.2 Αντλησιοταμίευση.....	79
4.6 Προσθήκη αντλησιοταμίευσης σε πρόβλημα κατανομής μονάδων παραγωγής	81
4.7 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	83
4.7.1 Αιολική ενέργεια	83
4.7.2 Ηλιακή ενέργεια	83
4.8 Προσθήκη ΑΠΕ σε προβλήματα κατανομής μονάδων παραγωγής.....	85
5. Ανάπτυξη κώδικα σε MATLAB	87
5.1 Δεδομένα - Θεωρία υπολογισμών.....	87
5.2 Αλγόριθμος οικονομικής κατανομής φορτίου	88
5.2.1 Δεδομένα υπολογισμών.....	88
5.2.2 Αλγόριθμος υπολογισμού	88
5.3 Διαστασιολόγηση Παραγωγής Φ/Β και αποθήκευσης.....	91
5.4 Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης.....	91
5.5 Επιλογή μετασχηματιστών και μετατροπών εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης.....	92
5.6 Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης	92
5.7 Υπολογισμός απωλειών μετασχηματιστών	95
5.8 Υπολογισμός τιμολογίου (πάροχος ΔΕΗ).....	95
5.9 Μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο.....	99
6 Σενάρια & Αποτελέσματα	101
6.1 Σενάρια	101
6.2 Αποτελέσματα.....	103
6.2.1 Σενάριο 1: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.	103
6.2.2 Σενάριο 2: container πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.	103
6.2.3 Σενάριο 3: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.	103
6.2.4 Σενάριο 4: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.	103
6.2.5 Σενάριο 5: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.	103
6.2.6 Σενάριο 6: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.....	103

6.2.7 Σενάριο 7: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.	103
6.2.8 Σενάριο 8: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).....	104
6.2.9 Σενάριο 9: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).	105
6.2.10 Σενάριο 10: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI). ..	107
6.2.11 Σενάριο 11: κρουαζιερόπλοια & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).	108
6.2.12 Σενάριο 12: κρουαζιερόπλοια & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).....	110
6.2.13 Σενάριο 13: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).....	111
6.2.14 Σενάριο 14: κρουαζιερόπλοια & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).....	113
6.2.15 Σενάριο 15: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).	114
6.2.16 Σενάριο 16: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).	115
6.2.17 Σενάριο 17: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).	120
6.2.18 Σενάριο 18: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).	127
6.2.19 Σενάριο 19: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).	134
6.2.20 Σενάριο 20: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).	141
6.2.21 Σενάριο 21: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).	148
6.2.22 Σενάριο 22: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).	155
6.2.23 Σενάριο 23: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).	159
6.2.24 Σενάριο 24: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).	165
6.2.25 Σενάριο 25: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).	170

6.2.26 Σενάριο 26: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).....	176
6.2.27 Σενάριο 27: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).....	182
6.2.28 Σενάριο 28: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).....	188
6.3 Ανάλυση ευαισθησίας	194
6.3.1 Υποθετικό σενάριο για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης	194
6.3.2 Υποθετικό σενάριο για τιμή καυσίμου αυξημένη κατά 50%.....	200
6.4 Συμπεράσματα.....	202
7 Γενικά Συμπεράσματα και περιοχές για περαιτέρω έρευνα.....	206
7.1 Γενικά συμπεράσματα	206
7.2 Περιοχές για περαιτέρω έρευνα	207
8 Παραρτήματα.....	208
8.1 Δεδομένα πλοίων	208
8.1.1 Κρουαζιερόπλοια	208
8.1.2 Πλοία container.....	209
8.1.3 Πλοία bulk	219
8.2 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων AxitecAXIpowerAC-280P/156-60S.....	231
8.3 Στοιχεία μετατροπέα ABB TRIO-8.5-TL-OUTD-S	232
8.4 Κώδικας υπολογισμού	234
8.4.1 Δημιουργία αρχείου με τις ημέρες και τις ώρες του μελετώμενου έτους.....	234
8.4.2 Υπολογισμός φορτίου	239
8.4.3 Τιμολόγηση ΒΓ χαμηλού συντελεστή χρησιμοποίησης	243
8.4.4 Υπολογισμός παραγωγής φωτοβολταϊκών	249
8.4.5 Υπολογισμός ωριαίας αποθήκευσης και προσφοράς από το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.	251
8.4.6 Κώδικας υπολογισμού συνολικού ετήσιου κόστους λιμένα, χωρίς αποθήκευση, με επαναλήψεις για συγκεκριμένο εύρος πλήθους φ/β πλαισίων	261
8.4.7 Κώδικας υπολογισμού συνολικού ετήσιου κόστους λιμένα, με αποθήκευση και επαναλήψεις για συγκεκριμένο εύρος πλήθους φ/β πλαισίων	269
8.4.8 Αλγόριθμος βελτιστοποίησης φ/β και συστήματος αποθήκευσης.....	282
Βιβλιογραφία	287

Πίνακας σχημάτων

Figure 1 Σχηματική παρουσίαση διατάξεως ηλεκτρικής προώσεως, [2].....	26
Figure 2 Διάγραμμα προτεινόμενης δομής συστήματος ψυχρής εκκίνησης, [9].....	37
Figure 3 (α) Μονοφασικό σφάλμα γης, (β) Διπλό σφάλμα γης σε αγείωτο σύστημα, [2].	39
Figure 4 Medium voltage switchgear for primary distribution, [12].....	40
Figure 5 Receptacle Pit, [13].....	41
Figure 6 Σύστημα διαχείρισης καλωδίων, [14].	42
Figure 7 Παράδειγμα εικοσιτετράωρης χρονολογικής καμπύλης φορτίου, [17].	47
Figure 8 Παράδειγμα εικοσιτετράωρης χρονολογικής καμπύλης φορτίου με διαχωρισμό ζωνών βάσης, ενδιάμεσου φορτίου και αιχμής θεωρώντας ότι το όριο ζώνης αιχμής κυμαίνεται μεταξύ αιχμής και μέσου φορτίου, [17].	47
Figure 9 Τυπικό δίκτυο διανομής – υπομεταφοράς μέχρι τον κόμβο του συστήματος μεταφοράς, [17].....	49
Figure 10 Μοντέλο φορτίου – καιρού, [19].	53
Figure 11 Εξυπηρέτηση καμπύλης φορτίου από δύο μονάδες I και II [26].	76
Figure 12 Εξυπηρέτηση καμπύλης φορτίου από τρεις μονάδες I, II, III, [26].	77
Figure 13 Μονάδα αντλησιοταμίευσης [28]	80
Figure 14 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , 50€/m ² , 100€/m ² , 200€/m ² , 500€/m ² , 1000€/m ² , για τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).	115
Figure 15 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , 50€/m ² , 100€/m ² , 200€/m ² , 500€/m ² , 1000€/m ² , για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).	120
Figure 16 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , 50€/m ² , 100€/m ² , 200€/m ² , 500€/m ² , 1000€/m ² , για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).	127
Figure 17 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , 50€/m ² , 100€/m ² , 200€/m ² , 500€/m ² , 1000€/m ² , για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου & πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).	134
Figure 18 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , 50€/m ² , 100€/m ² , 200€/m ² , 500€/m ² , 1000€/m ² , για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου & πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).	141
Figure 19 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , 50€/m ² , 100€/m ² , 200€/m ² , 500€/m ² , 1000€/m ² , για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container & bulk: σενάριο CI – πάροχος & Φ/Β).	148
Figure 20 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , 50€/m ² , 100€/m ² , 200€/m ² , 500€/m ² , 1000€/m ² , για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container & bulk: σενάριο CI – πάροχος & Φ/Β).	155
Figure 21 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).	156

Figure 71 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου πλοίου bulk.	204
Figure 72 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container.	204
Figure 73 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk.	204
Figure 74 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου πλοίου container και bulk.	205
Figure 75 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου κρουαζιερόπλοιου, πλοίου container και bulk.	205
Figure 76 Καμπύλες διάρκειας φορτίου όλων των συνδυασμών πλοίων.	205
Figure 77 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων AxitecAXIpowerAC-280P/156-60S που χρησιμοποιήθηκαν.	231
Figure 78 Στοιχεία μετατροπέα ABB TRIO-8.5-TL-OUTD-S (α).	232
Figure 79 Στοιχεία μετατροπέα ABB TRIO-8.5-TL-OUTD-S (β).	233

Πίνακας πινάκων

Table 1 Παγκόσμιες εκπομπές ρύπων ανά τύπο πλοίου (2001), πηγή BMT,2000, EPA 2003, [4].	35
Table 2 Ενδεικτικές εγκαταστάσεις ψυχρής εκκίνησης λιμένων (WPCI, 2017)	43
Table 3 Ο καθορισμός του συνολικού συντελεστή απωλειών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, $\sigma_{\text{ΜΗΕ}}$, σε διάφορες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις αυτόνομες (ΑΦΒ) και μη (Φ/Β) [22].	63
Table 4 Καθορισμός ονομαστικής τάσεως στην έξοδο ενός Φ/Β πεδίου, ανάλογα με τον τύπο της διάταξης και τις ηλεκτρονικές διατάξεις που περιλαμβάνονται [22].	65
Table 5 Ενδεικτικές τιμές της ονομαστικής τάσεως εξόδου (DC) ενός Φ/Β πεδίου, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος. Οι τιμές αναφέρονται σε διασυνδεδεμένα συστήματα χωρίς αποθήκευση [22].	65
Table 6 Στοιχεία τιμολογίου ΒΓ για εμπορικό πελάτη [41].	96
Table 7 Στοιχεία τιμολογίου ΒΥ για εμπορικό πελάτη [41].	96
Table 8 Στοιχεία τιμολογίου ΒΧ για εμπορικό πελάτη [41].	97
Table 9 Ρυθμιζόμενες χρεώσεις για εμπορικό πελάτη [41].	98
Table 10 Κατανάλωση ντιζελονενήτριας 600kW και 1000kW ανάλογα με το επίπεδο φόρτισης της [42].	100
Table 11 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.	104
Table 12 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.	105
Table 13 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.	106
Table 14 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.	106
Table 15 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΥ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.	107
Table 16 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.	108
Table 17 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.	109

Table 18 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.....	109
Table 19 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.....	110
Table 20 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.....	111
Table 21 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΥ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.....	112
Table 22 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.....	112
Table 23 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.....	113
Table 24 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.....	114
Table 25 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	116
Table 26 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	117
Table 27 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	118
Table 28 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	119
Table 29 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	121
Table 30 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	122
Table 31 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	123
Table 32 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	124
Table 33 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	125
Table 34 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	126
Table 35 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	128
Table 36 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	129
Table 37 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	130
Table 38 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	131
Table 39 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).....	132

Table 84 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).....	184
Table 85 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).....	185
Table 86 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).....	185
Table 87 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).	189
Table 88 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).	189
Table 89 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).	190
Table 90 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).	190
Table 91 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).	191
Table 92 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).	191
Table 93 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).	194
Table 94 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).	195
Table 95 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).	196
Table 96 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).	197
Table 97 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).	198
Table 98 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m ² , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).	199
Table 99 Ετήσιο κόστος σεναρίων 1 έως 7 για αύξηση της τιμής καυσίμου των ντιζελογεννητριών κατά 50%.	200

Table 100 Ετήσιο κόστος σεναρίων 8 έως 28 και σύγκριση αυτών με τα αντίστοιχα σενάρια 1 έως 7 για τη διερεύνηση κατά πόσο είναι οικονομικά συμφέροντα σε κάθε περίπτωση.	201
Table 101 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα κρουαζιερόπλοια έτος 2015.	208
Table 102 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 1 ^{ος})	209
Table 103 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 2 ^{ος})	210
Table 104 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 3 ^{ος})	211
Table 105 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 4 ^{ος})	212
Table 106 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 5 ^{ος})	213
Table 107 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 6 ^{ος})	214
Table 108 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 7 ^{ος})	215
Table 109 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 8 ^{ος})	216
Table 110 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 9 ^{ος})	217
Table 111 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 10 ^{ος})	218
Table 112 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 1 ^{ος})	219
Table 113 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 2 ^{ος})	220
Table 114 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 3 ^{ος})	221
Table 115 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 4 ^{ος})	222
Table 116 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 5 ^{ος})	223
Table 117 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 6 ^{ος})	224
Table 118 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 7 ^{ος})	225
Table 119 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 8 ^{ος})	226
Table 120 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 9 ^{ος})	227
Table 121 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 10 ^{ος})	228
Table 122 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 11 ^{ος})	229
Table 123 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 12 ^{ος})	230

1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στη σχεδίαση συστημάτων πρόωσης και συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας πλοίων

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας ενός εμπορικού πλοίου χαρακτηρίζεται από αυτονομία και ανεξαρτησία. Είναι σχεδιασμένο να καλύψει τις ανάγκες του πλοίου σε πλήθος φορτίων διαφορετικού τύπου, όπως φορτία φωτισμού, ψυγεία, διάφορες αντλίες, κινητήρες σύμφωνα με τα [1], [2]. Οι κύριες γεννήτριες του πλοίου πρέπει να αποδίδουν ισχύ τόση, ώστε να καλύπτεται η δυσμενέστερη αναμενόμενη περίπτωση του φορτίου αυτού του πλοίου.

Ένα πλοίο διαθέτει διάφορα συστήματα μηχανημάτων, εξοπλισμού και διασυνδέσεών τους, μερικά από τα οποία είναι το σύστημα πρόωσης, το σύστημα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, το σύστημα διαχείρισης και παροχής καυσίμου, το σύστημα θέρμανσης, το σύστημα καθαρισμού των δεξαμενών, το σύστημα φρέσκου νερού, το σύστημα αερισμού, το σύστημα σεντινόνερων, το σύστημα εξισορρόπησης νερού και το σύστημα πυρόσβεσης [3].

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ενός πλοίου, οι οποίες αποτελούν το σύνολο των γεννητριών παραγωγής τάσεων, των ηλεκτρικών πινάκων και των ηλεκτρικών δικτύων που εξυπηρετούν τις ανάγκες του πλοίου, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, σύμφωνα με το [2]. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι κύριες εγκαταστάσεις, οι ειδικές εγκαταστάσεις και οι εγκαταστάσεις ηλεκτρικής προώσεως. Στις κύριες εγκαταστάσεις ανήκουν το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος μαζί με τους κύριους ηλεκτρικούς πίνακες και το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ισχύος. Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ισχύος αποτελείται από την πρωτεύουσα διανομή, η οποία συνδέει τους πίνακες των κεντρικών μονάδων με τους υποσταθμούς και τους διάφορους υποπίνακες, τη δευτερεύουσα διανομή, μέσω της οποίας διανέμεται ηλεκτρική ισχύς στα συστήματα κινήσεως και φωτισμού και από το ηλεκτρικό δίκτυο ελέγχου της τάσεως. Οι ειδικές εγκαταστάσεις αποτελούνται από καταναλώσεις που τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα διαφορετικού τύπου από εκείνο το οποίο παράγουν οι γεννήτριες του πλοίου. Τέτοιες καταναλώσεις είναι γυροπυξίδες, ραντάρ και διάφοροι τύποι ηλεκτρονικών διατάξεων και συσκευών. Σχετικά με τις εγκαταστάσεις ηλεκτρικής προώσεως, σε αυτές ανήκουν όλα τα συστήματα ηλεκτροκίνησης και μέσω αυτών ενεργοποιούνται οι ελικοφόροι άξονες. Αυτά συνήθως είναι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος και σπανιότερα κινητήρες συνεχούς ρεύματος, με τις αντίστοιχες διατάξεις χειρισμών.

Αξίζει να αναφερθεί ότι, όπως φαίνεται στο [2], η πρωτεύουσα διανομή αποτελεί το ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοσίας μέσω του κέντρου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του υποσταθμού μετασχηματισμού τάσεως και των καταναλώσεων μεγάλης ισχύος. Ενώ δευτερεύουσα διανομή αποτελεί το ηλεκτρικό δίκτυο, που τροφοδοτεί μέσω του υποσταθμού τις καταναλώσεις μικρής ισχύος. Το ηλεκτρικό δίκτυο δευτερεύουσας διανομής τροφοδοτείται από τους μετασχηματιστές οι οποίοι τροφοδοτούνται από το ηλεκτρικό δίκτυο της πρωτεύουσας διανομής. Ακόμα, το κέντρο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από το σύστημα των ηλεκτρογεννητριών, τον κύριο πίνακα και από τις συσκευές ελέγχου.

Όσον αφορά την ηλεκτρική εγκατάσταση ενός εμπορικού πλοίου, σύμφωνα με το [2], πρέπει να χαρακτηρίζεται από αξιοπιστία, συνέχεια λειτουργίας και εξοικονόμηση χώρου και πόρων. Δηλαδή, να εγγυάται η ασφαλής λειτουργία κάθε συνιστώσας της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως, η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται κανονικά και στις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, ώστε να λειτουργήσουν οι

σημαντικές ηλεκτρικές διατάξεις, οι οποίες συνδέονται με την ασφαλή λειτουργία του πλοίου και να υπάρχει μείωση του βάρους, του όγκου και του κόστους προμήθειας της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως και της αντίστοιχης λειτουργίας της.

Στα εμπορικά πλοία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω τριφασικών συστημάτων εναλλασσόμενων ημιτονοειδών τάσεων και ρευμάτων. Ακόμα, είναι αναγκαία η διόρθωση του συντελεστή ισχύος για τη μείωση της έντασης του ρεύματος, το οποίο απορροφά η εγκατάσταση από τις γεννήτριες, για τη μείωση των απωλειών της ηλεκτρικής ενέργειας στους αγωγούς του δικτύου, τη μείωση της διατομής των αγωγών και τη μείωση του μεγέθους των γεννητριών, των μετασχηματιστών και γενικότερα των συστημάτων παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας [2].

Τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενός εμπορικού πλοίου, ανάλογα με τον τύπο της κύριας μηχανής που ενεργοποιεί τη γεννήτρια/ τις γεννήτριες διακρίνονται σε γεννήτριες με κινητήριες μηχανές ντίζελ, γεννήτριες με κινητήριες μηχανές στροβίλους, γεννήτριες, οι οποίες ενεργοποιούνται απευθείας από την κινητήρια μηχανή προώσεως, γεννήτριες άξονα ή εξαρτημένες γεννήτριες και τέλος συνδυασμός αξονικής γεννήτριας και συμβατικών ηλεκτροπαραγωγών ζευγών [2].

1.2 Σύστημα πρόωσης

Το σύστημα πρόωσης είναι ένα από τα σημαντικότερα συστήματα ενός πλοίου [3]. Λειτουργία του συστήματος πρόωσης είναι η δημιουργία μίας ώθησης, η οποία επιτρέπει στο πλοίο να κινηθεί με την επιθυμητή ταχύτητα. Τα κύρια μέρη του συστήματος αυτού είναι ο κινητήρας, η διάταξη μεταφοράς και ο προωθητής.

Ο κινητήρας μετατρέπει τη χημική ενέργεια που περιέχεται στο καύσιμο σε μηχανική και έτσι παραδίδει μηχανική ενέργεια. Μπορεί να είναι μία μηχανή ντίζελ, ένας αεριοστρόβιλος ή ένας ατμοστρόβιλος [3]. Η λειτουργία του υποσυστήματος μεταφοράς είναι να μεταφέρει τη μηχανική ενέργεια που παράγεται από τον κινητήρα στον προωθητή και να μεταφέρει την ώθηση που δημιουργεί ο προωθητής στο κύτος του πλοίου. Υπάρχουν μηχανικοί και μη μηχανικοί τρόποι μεταφοράς. Ο μηχανικός τρόπος χωρίζεται σε άμεσο και με κιβώτιο ταχυτήτων. Ενώ ο μη μηχανικός τρόπος διακρίνεται σε ηλεκτρικό και σε υδραυλικό. Ο προωθητής μετατρέπει την περιστροφική μηχανική ενέργεια που παραδίδεται από τη μηχανή, σε μηχανική ενέργεια ώθησης για να κινηθεί το πλοίο.

Ακόμα, το σύστημα πρόωσης περιλαμβάνει συστήματα υποβοήθησης της πρόωσης, όπως συστήματα παροχής καυσίμου, λίπανσης, ψύξης κυλίνδρων, καυσαερίων και αέρα. Χωρίς την ύπαρξη αυτών των συστημάτων δεν μπορεί να λειτουργήσει η πρόωση.

1.2.1 Ηλεκτροπρόωση

Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικών μηχανών για την πρόωση των πλοίων αποτελεί τη μέθοδο της ηλεκτροπρόωσης, σύμφωνα με το [2], (σχήμα 1). Χρησιμοποιείται σε κρουαζιερόπλοια, μεγάλα ρυμουλκά, φορτηγά, παγοθραυστικά και σε πολεμικά πλοία με την ισχύ της εγκαταστάσεως να κυμαίνεται από 5.000 μέχρι 20.000HP. Ακόμα, το είδος της ηλεκτρικής ενέργειας και οι τύποι των χρησιμοποιούμενων κινητήριων μηχανών διαχωρίζουν τα είδη της ηλεκτροπρόωσης.

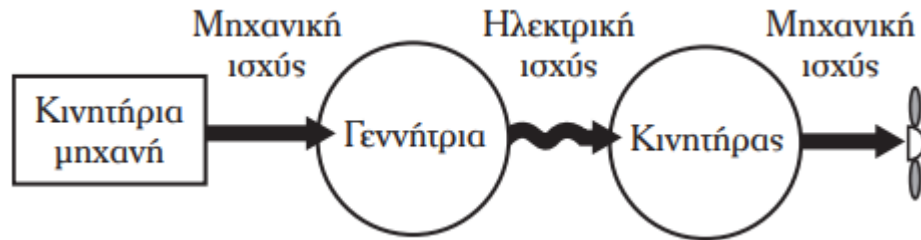


Figure 1 Σχηματική παρουσίαση διατάξεως ηλεκτρικής προώσεως, [2].

Η ηλεκτροπρόωση έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Τα κύρια από αυτά, σύμφωνα με το [2] είναι η εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου, η μείωση της εγκατεστημένης ισχύος, η μείωση του λειτουργικού κόστους και του κόστους συντήρησης, η μείωση των θορύβων και των κραδασμών, η μεγάλη δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής του έλικα και της ταχύτητας του πλοίου, η αυξημένη αξιοπιστία και ασφάλεια, η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και ειδικά του NO_x , γιατί ένας μεσόστροφος κινητήρας ντίζελ λειτουργεί με σταθερές στροφές στις σύγχρονες εγκαταστάσεις ηλεκτρικής προώσεως.

Από την άλλη πλευρά, τα μειονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης, σύμφωνα με το [2], είναι το μεγάλο κόστος επενδύσεως και οι μεγαλύτερες απώλειες στο σύστημα μεταδόσεως κινήσεως σε σχέση με το αντίστοιχο μηχανικό σύστημα. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος στις εγκαταστάσεις ηλεκτρικής προώσεως, όταν κάθε μηχανή λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα περιστροφής και για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Στην ηλεκτροπρόωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο τύποι κινητήρων [2]. Αυτοί είναι οι βραδύστροφοι κινητήρες μεγάλης ροπής και οι πολύστροφοι κινητήρες. Οι βραδύστροφοι μεγάλης ροπής συνδέονται απευθείας με τον ελικοφόρο άξονα. Ενώ οι πολύστροφοι συνδέονται μέσω μειωτήρα στροφών με τον ελικοφόρο άξονα.

Ακόμα, η ηλεκτρική πρόωση θεωρείται ευέλικτη [2], διότι ο χειρισμός των ηλεκτρικών μηχανών γίνεται πιο εύκολα και γρήγορα από ό,τι ο χειρισμός των μηχανών ντίζελ και στροβίλων. Τα είδη της κατατάσσονται στις κατηγορίες ηλεκτρική πρόωση με συνεχές ρεύμα και με εναλλασσόμενο ρεύμα.

1.2.2 Ηλεκτροπρόωση με συνεχές ρεύμα

Τα συστήματα προώσεως με κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίζονται [2] σε συστήματα προώσεως με κινητήρες συνεχούς ρεύματος διπλού δρομέα, συστήματα προώσεως με γεννήτριες συνεχούς ρεύματος και κινητήρες συνεχούς ρεύματος διαφόρων συνδεσμολογιών και τέλος σε συστήματα ηλεκτρικής προώσεως με γεννήτρια συνεχούς ρεύματος και κινητήρα συνεχούς ρεύματος μεγάλης ισχύος.

Ένα σύστημα προώσεως με κινητήρες συνεχούς ρεύματος διπλού δρομέα μπορεί να περιλαμβάνει [2] δύο ή περισσότερα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη -μηχανές ντίζελ και γεννήτριες-συνεχούς ρεύματος, ένα σύστημα ηλεκτρικής προώσεως με δύο ή περισσότερες γεννήτριες και δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος σε σύνδεση σειράς, κινητήρα προώσεως διπλού δρομέα ισοδύναμο με δύο ομοαξονικούς κινητήρες συνεχούς ρεύματος με ίδια διέγερση και δυνατότητα συνδέσεως των επαγωγικών τυμπάνων σε σειρά ή παράλληλα. Τέτοια είδη συστημάτων προώσεως έχουν διάφορες περιοχές ταχυτήτων λειτουργίας, για παράδειγμα στην περίπτωση τριών περιοχών είναι η περιοχή χαμηλών ταχυτήτων, η περιοχή μέσων ταχυτήτων και η περιοχή υψηλών ταχυτήτων.

Σε ένα σύστημα προώσεως με τέσσερις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος και δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος [2] η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από δύο έως τέσσερα ζεύγη κινητηρίων μηχανών- γεννητριών, όπου οι γεννήτριες συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα. Έτσι υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας, όπου στον πρώτο η σύνδεση των γεννητριών συνεχούς ρεύματος είναι σε σειρά και στο δεύτερο παράλληλα. Η χρήση του συστήματος σύνδεσης των γεννητριών σε σειρά είναι συνηθέστερη από ότι η χρήση του συστήματος παράλληλης σύνδεσης λόγω του πλήθους των πλεονεκτημάτων που έχει.

1.2.3 Ηλεκτροπρόωση με εναλλασσόμενο ρεύμα

Συνεχίζοντας με τα συστήματα προώσεως με εναλλασσόμενο ρεύμα, σε αυτά οι γεννήτριες που συνδέονται με κινητήρες μηχανές τροφοδοτούν τους κινητήρες προώσεως μέσω ενός ηλεκτρικού συστήματος, όπου το σύστημα αυτό περιλαμβάνει τον κύριο πίνακα, τους μετασχηματιστές και τους μετατροπείς ισχύος.

Ορισμένοι σημαντικοί όροι που αξίζει να εξηγηθούν είναι η πλήρης ηλεκτροπρόωση, η ολοκληρωμένη πλήρης ηλεκτροπρόωση, το πλήρως εξηλεκτρισμένο πλοίο και το ηλεκτρικό δίκτυο προώσεως πλοίου. [2] Η εγκατάσταση προώσεως στην οποία το πλοίο κινείται αποκλειστικά με ηλεκτρικούς κινητήρες ονομάζεται πλήρης ηλεκτροπρόωση. Η ηλεκτρική εγκατάσταση προώσεως στην οποία τα ζεύγη κινητηρίων μηχανών-γεννητριών τροφοδοτούν τους ηλεκτρικούς κινητήρες προώσεως, αλλά και τα υπόλοιπα φορτία ονομάζεται ολοκληρωμένη πλήρης ηλεκτροπρόωση. Το πλοίο το οποίο διαθέτει πλήρη εγκατάσταση ηλεκτρικής προώσεως και παράλληλα όλα του τα υποσυστήματα είναι εξηλεκτρισμένα ονομάζεται πλήρως εξηλεκτρισμένο πλοίο. Τέλος, το δίκτυο της ηλεκτρικής εγκατάστασης που τροφοδοτεί αποκλειστικά την εγκατάσταση ηλεκτρικής προώσεως ονομάζεται ηλεκτρικό δίκτυο προώσεως πλοίου.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες προώσεως είναι ασύγχρονοι ή σύγχρονοι με μόνιμους μαγνήτες και κινητήρες που χρησιμοποιούν υπεραγώγιμα υλικά, όπου ανάλογα με την κατεύθυνση της μαγνητικής ροής οισύγχρονοι κινητήρες διαχωρίζονται σε σύγχρονους κινητήρες αξονικής ροής και ασύγχρονους κινητήρες ακτινικής ροής.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα εμπορικά πλοία γίνεται από τριφασικές γεννήτριες σταθερής τάσεως και συχνότητας [2]. Ο έλεγχος της ταχύτητας περιστροφής των ηλεκτρικών κινητήρων προώσεως απαιτεί μία μεταβαλλόμενη τάση από διατάξεις συνεχούς ρεύματος ή μεταβαλλόμενη τάση και συχνότητα από διατάξεις εναλλασσόμενου ρεύματος. Έτσι ένα σύστημα ανορθώσεως πρέπει να μετατρέπει την εναλλασσόμενη ημιτονοειδή τάση σε συνεχή ή ένα σύστημα από ελεγχόμενους αντιστροφείς να μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη, ανάλογα με τις ανάγκες των κινητήρων προώσεως. Τα ηλεκτρονικά ισχύος μετατρέπουν τη συνεχή τάση μίας τιμής σε μία άλλη τιμή αντίστοιχα και συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη και το αντίστροφο. Τα κυκλώματα που υλοποιούν αυτές τις μετατροπές ονομάζονται μετατροπείς τάσεως. Οι κυριότεροι τύποι μετατροπέων είναι ο μετατροπέας εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές ρεύμα, ο αντιστροφέας εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές και πάλι σε εναλλασσόμενο ρεύμα, οι συγχρομετατροπείς εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές και πάλι σε εναλλασσόμενο ρεύμα, οι κυκλομετατροπείς.

Τα συστήματα ηλεκτρικής προώσεως στο εναλλασσόμενο ρεύμα διακρίνονται, σύμφωνα με το [2], κυρίως στις κατηγορίες: σύστημα προώσεως για έλικες μεταβλητού βήματος, σύστημα προώσεως για έλικες σταθερού βήματος και αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα.

Το σύστημα ηλεκτρικής προώσεως εναλλασσόμενου ρεύματος για έλικες μεταβλητού βήματος περιλαμβάνει [2] μία κύρια γεννήτρια προώσεως, μία βοηθητική γεννήτρια που παρέχει ισχύ για ηλεκτρικές λειτουργικές ανάγκες του πλοίου, κινητήρες αντλιών φορτίου και βοηθητική γεννήτρια έκτακτης ανάγκης. Η βοηθητική γεννήτρια έκτακτης ανάγκης παρέχει ισχύ στο σύστημα διεγέρσεως του κινητήρα προώσεως σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Το σύστημα αυτό προτείνεται σε εμπορικά πλοία στα οποία οικονομικοί λόγοι υποχρεώνουν τη διάθεση μεγάλου συστήματος ισχύος για την κάλυψη αναγκών ισχύος προώσεως ενός συνόλου βοηθητικών μηχανημάτων και άλλων λειτουργικών αναγκών του πλοίου.

Τα εμπορικά πλοία που χρησιμοποιούν σύστημα ηλεκτρικής προώσεως εναλλασσόμενου ρεύματος με έλικες σταθερού βήματος έχουν περισσότερη διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια τόσο για χρήση σε βοηθητικά μηχανήματα, όσο και για την κίνηση του πλοίου.

Στο αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα ο ηλεκτρικός κινητήρας και ο έλικας είναι μία ενιαία μονάδα, εμβαπτισμένη στη θάλασσα στο πρυμναίο μέρος του πλοίου.

Τα πλοία, τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά ισχύος, στα ηλεκτρικά τους συστήματα εκτός από τη θεμελιώδη συχνότητα στις παραγόμενες τάσεις και στα ρεύματα αναπτύσσουν ένα πλήθος αρμονικών συνιστωσών [2]. Αυτές αυξάνουν την άεργο ισχύ που κυκλοφορεί στην ηλεκτρική εγκατάσταση και δημιουργούνται προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Τα βασικότερα φαινόμενα ποιότητας ισχύος είναι: η βύθιση τάσεως, που οφείλεται σε εμφάνιση σφαλμάτων και σε εκκίνηση μεγάλων κινητήρων, η ανύψωση τάσεως, που οφείλεται στην εμφάνιση σφαλμάτων, τα γρήγορα μεταβατικά φαινόμενα, που οφείλονται στα διακοπτικά φαινόμενα και τέλος οι αρμονικές, που οφείλονται στην παρουσία των μη γραμμικών διατάξεων.

Επειδή το πρόβλημα εμφανίσεως αρμονικών είναι σημαντικό στα πλοία που χρησιμοποιούν ηλεκτρική πρόωση, συγκριτικά με τα υπόλοιπα φαινόμενα ποιότητας, υπάρχει μεθοδολογία μείωσης των αρμονικών. Η μεθοδολογία αυτή είναι: αύξηση του αριθμού των παλμών ενός μετατροπέα, χρήση κατάλληλων φίλτρων, διαχωρισμός των ευαίσθητων φορτίων μέσω στρεφομένων μετατροπέων.

1.3 Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας

1.3.1 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας με εναλλασσόμενο ρεύμα

Το σύνολο των ηλεκτρικών συνδέσεων μεταξύ του κύριου πίνακα και των καταναλώσεων αποτελεί το ηλεκτρικό δίκτυο του ηλεκτρικού συστήματος ενός εμπορικού πλοίου. Το ηλεκτρικό σύστημα παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά [2], έχει συγκεντρωμένο δίκτυο με διακεκριμένα συστήματα παραγωγής και φορτία συγκεντρωμένα σε πολύ μικρό χώρο, είναι αυτόνομο και περιλαμβάνει εφεδρικό ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος για την τροφοδότηση ορισμένων φορτίων ζωτικής σημασίας, το δίκτυο γειώσεώς του είναι αγείωτο και η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται μέσω ηλεκτρικών δικτύων μικρού μήκους.

Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας [2] γίνεται με σύστημα διανομής σειράς και σύστημα παράλληλης διανομής. Στο σύστημα διανομής σειράς οι καταναλώσεις συνδέονται σε σειρά, όπου

το ρεύμα είναι σταθερό και η τάση στους ακροδέκτες των καταναλώσεων είναι διαφορετική. Στο σύστημα παράλληλης διανομής οι καταναλώσεις συνδέονται παράλληλα στο δίκτυο, όπου η τάση είναι σταθερή ενώ το ρεύμα που απορροφά η κάθε κατανάλωση είναι διαφορετικό, το οποίο είναι και συνηθισμένο.

Τα ηλεκτρικά δίκτυα διανομής [2] έχουν μορφές ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ και τον τύπο του πλοίου. Οι μορφές ενός μονογραμμικού διαγράμματος ενός δικτύου κύριας δομής μπορούν να είναι απλή ακτινική, ακτινική με υποπίνακες, ακτινική με υποσταθμούς, παρουσία εφεδρικών δικτύων τροφοδοσίας και τέλος βροχοειδής μορφή δικτύου, η οποία ουσιαστικά δεν χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις του πλοίου, καθώς δεν εγγυάται την καλή επιλεκτικότητα των προστασιών. Οι ζωτικής σημασίας καταναλωτές, όπως το πηδάλιο, τροφοδοτούνται απευθείας από τον κύριο πίνακα της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Ενώ τα ηλεκτρικά δίκτυα της δευτερεύουσας διανομής, που τροφοδοτούνται με μειωμένη τάση έχουν απλή ακτινική μορφή. Τέλος, το ηλεκτρικό δίκτυο έκτακτης ανάγκης έχει απλή ακτινική μορφή.

Στο δίκτυο διανομής απλής ακτινικής μορφής κάθε κατανάλωση τροφοδοτείται κατευθείαν από τον κύριο πίνακα μέσω μιας ηλεκτρικής γραμμής [2]. Ακόμα, το δίκτυο αυτό είναι το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε πλοία με εγκατεστημένη ισχύ μέχρι και 500kW.

Όσον αφορά το δίκτυο διανομής ακτινικής μορφής με υποπίνακες, οι υποπίνακες ή αλλιώς τα κέντρα φορτίου είναι κόμβοι, οι οποίοι δέχονται ηλεκτρική ενέργεια από το σύστημα ζυγών του κύριου πίνακα και τη διανέμουν ακτινικά στους καταναλωτές.

Στο δίκτυο ακτινικής μορφής με υποσταθμούς [2] χρησιμοποιούνται υποπίνακες ως κόμβοι διανομής περιορισμένης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι τροφοδοτούν καταναλωτές με όμοια χαρακτηριστικά. Ο υποσταθμός είναι ένας κόμβος μεγαλύτερης σημασίας, ο οποίος τροφοδοτεί όλους τους καταναλωτές που τοποθετούνται στη ζώνη ευθύνης του ίδιου του υποσταθμού. Το δίκτυο αυτής της μορφής χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κρουαζιερόπλοιων.

Σχετικά με τη μονογραμμική παρουσίαση εφεδρικών δικτύων τροφοδοσίας [2], τα εφεδρικά δίκτυα τροφοδοσίας προστίθενται στα δίκτυα κύριας διανομής και κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Αυτές είναι τα κλειστά εφεδρικά δακτυλιοειδή δίκτυα και τα ανοιχτά δακτυλιοειδή εφεδρικά δίκτυα. Η μορφή των κλειστών δακτυλιοειδών δικτύων χαρακτηρίζεται από ένα δακτυλιοειδές εφεδρικό κύκλωμα, το οποίο αναχωρεί από τον έναν κύριο πίνακα ή από το αντίστοιχο σύστημα ζυγών, συνδέει διαδοχικά όλους τους υποσταθμούς και τους υποπίνακες και καταλήγει στον άλλον κύριο πίνακα ή στο σύστημα ζυγών. Ένα ανοιχτό δακτυλιοειδές εφεδρικό δίκτυο είναι μία απλή μορφή ηλεκτρικού δικτύου, η οποία υλοποιεί μόνο τη σύνδεση των υποσταθμών.

Σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση χαμηλής τάσεως ο κύριος ηλεκτρικός πίνακας είναι το στοιχείο εγκατάστασης που συνδέει τις γεννήτριες με τις γραμμές διανομής, οι οποίες τροφοδοτούν τους καταναλωτές. Κάθε κύριος ηλεκτρικός πίνακας, σύμφωνα με το [2], περιλαμβάνει το σύστημα ζυγών, τους διακόπτες συνδέσεως με άλλους πίνακες, τους διακόπτες παραλληλισμού, τους διακόπτες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τα όργανα μετρήσεως και ελέγχου της παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το μονογραμμικό διάγραμμα ενός κύριου ηλεκτρικού πίνακα μπορεί να έχει διάφορους τύπους, όπως να έχει ένα μοναδικό σύστημα ζυγών, δύο συστήματα ζυγών, ένα σύστημα κυρίων ζυγών και ένα αντίστοιχο σύστημα βοηθητικών, ή δύο συστήματα κυρίων ζυγών και ένα σύστημα βοηθητικών ζυγών.

Τα εμπορικά πλοία [2], βάσει των κανονισμών, απαιτείται να έχουν αυτόνομη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, ανεξάρτητα από την αντίστοιχη κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μέσω ενός δικτύου διανομής ανάγκης τροφοδοτεί συγκεκριμένα φορτία απαραίτητα για την ασφάλεια και λειτουργία του πλοίου όταν το κύριο δίκτυο είναι εκτός λειτουργίας.

Το δίκτυο διανομής έκτακτης ανάγκης [2] αποτελείται από ένα σύστημα συσσωρευτών που καλύπτουν το φορτίο έκτακτης ανάγκης χωρίς να χρειάζεται η επαναφόρτιση τους και χωρίς επιπλέον πτώσεις τάσεως και απόμια ή περισσότερες μονάδες ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

Σύμφωνα με τη Δ.Σ. SOLAS, τα πλοία χωρητικότητας μεγαλύτερης από 500GRT [2], θα πρέπει να διαθέτουν τις υποδομές για λήψη ηλεκτρικού ρεύματος από τη στεριά. Το σύστημα λήψης ρεύματος τοποθετείται στο κύριο κατάστρωμα και συνδέεται με τον κύριο ηλεκτρικό πίνακα του πλοίου. Το πλοίο λαμβάνει ρεύμα από τη στεριά όταν οι γεννήτριες ισχύος που διαθέτει είναι εκτός λειτουργίας. Ακόμα, οι κύριοι ηλεκτρικοί πίνακες περιλαμβάνουν όργανα απαραίτητα για τον έλεγχο και τη μέτρηση των παραμέτρων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία διανέμεται προς κατανάλωση.

1.3.2 Δίκτυα μέσης τάσεως

Στα συστήματα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των πλοίων [2], τα συστήματα τάσεων πάνω από 1 kV ανήκουν στην κατηγορία των δικτύων Μέσης Τάσεως. Για δεδομένη ισχύ όταν αυξάνεται η τάση, μειώνεται η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, συνεπώς και η διατομή των αγωγών και το βάρος τους. Έτσι, τα πλεονεκτήματα της χρήσεως δικτύου μέσης τάσεως σε εγκαταστάσεις πλοίων [2] είναι: η μείωση του μεγέθους των γεννητριών, των κινητήρων, και των καλωδίων, η εξοικονόμηση χώρου και βάρους, οι σχετικά εύκολες εγκαταστάσεις, η μείωση του κόστους εγκαταστάσεως, οι λιγότερες απώλειες, η μείωση των επιπέδων βραχυκυκλώσεως στο βαθμό κατά τον οποίο ορίζονται κατάλληλα οι ηλεκτρικές συσκευές στην ηλεκτρική εγκατάσταση. Από την άλλη πλευρά, τα μειονεκτήματα είναι οι υψηλές μονωτικές ιδιότητες των μονωτικών υλικών των καλωδίων και των ηλεκτρικών συσκευών των εγκαταστάσεων και η μεγάλη επικινδυνότητα για το τεχνικό προσωπικό.

Τα ηλεκτρικά δίκτυα μέσης τάσεως διακρίνονται [2], βάσει της δομής τους, σε απλού ακτινικού τύπου, διπλής παράλληλης συνδέσεως, τύπου κεραίας (antenna) και σύνθετο δίκτυο διπλών ζυγών. Η δομή του δικτύου μίας ηλεκτρικής εγκαταστάσεως πλοίου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αξιοποιούνται όλες οι πηγές ισχύος, να υπάρχει δυνατότητα διακρίσεως των διαφόρων διαμερισμάτων που τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ισχύ, να τροφοδοτείται κάθε διαμέρισμα από δύο πηγές ισχύος και να εξασφαλίζεται η ολική ηλεκτρική προστασία του δικτύου.

1.4 Φορτία πρόωσης και ηλεκτρικών καταναλώσεων

Κάθε πλοίο έχει διαφορετικές απαιτήσεις φορτίου, ανάλογα με το είδος του και την κατάσταση λειτουργίας στην οποία βρίσκεται κάθε στιγμή [3]. Οι πιο βασικές καταστάσεις λειτουργίας είναι η κανονικής πορείας, χειρισμών και εν όρμω. Αρκετά πλοία έχουν διαφοροποιήσεις στις ανάγκες αυτές ανάλογα με την εποχή και συγκεκριμένα οι ανάγκες τους είναι διαφορετικές τη χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο. Ο προσδιορισμός της ζήτησης φορτίου ενός πλοίου μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους: με εμπειρικούς τύπους, με ανάλυση ηλεκτρικού φορτίου και με προσομοίωση.

Με τους εμπειρικούς τύπους μπορεί να γίνει μία πρώτη εκτίμηση της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου σε προ-σχεδιαστικό επίπεδο, εφόσον ο τύπος βασίζεται σε έναν επαρκή αριθμό πλοίων, ίδιου τύπου, αποστολής και μεγέθους. Ωστόσο, για το λεπτομερή σχεδιασμό του πλοίου και των ηλεκτρικών συστημάτων του είναι αναγκαία η χρήση μίας από τις επόμενες μεθόδους. Συγκεκριμένα θα παρουσιαστούν οι εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού του φορτίου,

σύμφωνα με το [1], για τα πλοία με πρόωση ατμού και για εκείνα με πρόωση Diesel. Η ανάλυση ηλεκτρικού φορτίου ή αλλιώς ισολογισμός ηλεκτρικού φορτίου είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος προσδιορισμού της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου. Η προσομοίωση των λειτουργιών ενός πλοίου υπό τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του είναι η πιο αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου.

1.4.1 Εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού του φορτίου

1.4.1.1 Πλοία με πρόωση ατμού

Αρχικά, για τα πλοία με πρόωση ατμού το φορτίο υπολογίζεται από τη σχέση

$$P_G = (A + B + C)P_{sm} + 1,6z + 9\sqrt{z} + 80 + P_c \quad (1.1)$$

Όπου,

P_G : το ηλεκτρικό φορτίο σε kW

P_{sm} : η μέγιστη συνεχής ισχύς στον άξονα σε HP

z : ο αριθμός μελών πληρώματος

$A = 0,011$ για βοηθητικά μηχανήματα συνεχούς λειτουργίας, έγχυση θαλασσινού νερού στο ψυγείο και ηλεκτροκίνητες αντλίες κενού.

$B = 0,007$ για ηλεκτροκίνητη αντλία κυκλοφορίας θαλασσινού νερού (όταν χρησιμοποιείται)

$C = 0,16 \cdot 10^{-3}$: το μανομετρικό του ανεμιστήρα προσαγωγής αέρα στον λέβητα, σε cmH₂O, συνήθως είναι $C \approx 0,0048$

P_c : πρόσθετα ηλεκτρικά φορτία για ψύξη και αφύγρανση φορτίου ή άλλα ειδικά συστήματα.

Η εξίσωση (1.1) ισχύει όταν υπάρχει εγκατάσταση κλιματισμού, όταν όλα τα βοηθητικά μηχανήματα είναι ηλεκτροκίνητα εκτός από τις κύριες τροφοδοτικές αντλίες και όταν $z=20-100$. Αν δεν υπάρχει κλιματισμός αφαιρείται η αντίστοιχη ηλεκτρική ισχύς της σχέσης (1.2):

$$P_{κλ} = 34,0 + z \text{ (σε kW)} \quad (1.2)$$

Η επιλογή των γεννητριών στηρίζεται στο μέγεθος:

$$P_{NG} = (A' + B' + C')P_{sm} + 1,6z + 9\sqrt{z} + 80 + P_c \quad (1.3)$$

Όπου

P_{NG} : η ονομαστική ισχύς γεννήτριας (ή γεννητριών), σε kW

$A' = 0,017$ για βοηθητικά μηχανήματα σε συνεχή και διακεκομμένη λειτουργία (δεν περιλαμβάνεται η κύρια αντλία κυκλοφορίας θαλασσινού νερού)

$B' = 0,007$ για πλοία με ηλεκτροκίνητη αντλία κυκλοφορίας, χωρίς έγχυση θαλασσινού νερού στο ψυγείο.

$B' = 0,0042$ για πλοία με έγχυση θαλασσινού νερού και ηλεκτροκίνητη κύρια αντλία κυκλοφορίας που χρησιμοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια χειρισμών

$$C' = 0,16 \cdot 10^{-3} * \left(\frac{\dot{m}_{\varphi \max}}{\dot{m}_{\varphi}} \right)^3 * \Delta H_{\varphi} \quad (1.3\alpha)$$

$\dot{m}_{\varphi \max}$: μέγιστη παροχή του φουσητήρα του λέβητα

\dot{m}_{φ} : παροχή του φουσητήρα στην P_{sm}

ΔH_{φ} : μανομετρικό του φουσητήρα στην P_{sm} , σε cmH₂O.

Συνήθως είναι $C \approx 0,006$.

Οι τυποποιημένες τιμές ισχύος των στροβιλογεννητριών είναι: 500, 630, 800, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500 kW.

1.4.1.2 Πλοία με πρόωση Diesel

Αντίστοιχα, για τα πλοία με πρόωση Diesel, σύμφωνα με το [1], όταν οι αντλίες νερού και λαδιού είναι ηλεκτροκίνητες, το ηλεκτρικό φορτίο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_G = 0,02P_{Dm} + 1,4z + 8\sqrt{z} + 80 + P_c \quad (1.4)$$

Όπου P_{Dm} είναι η μέγιστη συνεχής ισχύς στον άξονα, σε HP.

Όταν οι αντλίες είναι εξηρημένες τότε:

$$P_G = 0,008P_{Dm} + 1,6z + 9\sqrt{z} + 80 + P_c \quad (1.5)$$

Οι εξισώσεις (1.4) και (1.5) ισχύουν όταν υπάρχει εγκατάσταση κλιματισμού. Εάν δεν υπάρχει, αφαιρείται το ποσό $P_{κλ}$ που προκύπτει από την εξίσωση (1.2)

Η ονομαστική ισχύς για την επιλογή των γεννητριών προσδιορίζεται από τη σχέση (1.6).

$$P_{NG} = \frac{P_G}{\beta} \quad (1.6)$$

Όπου $\beta = 0,75 - 0,90$, συνήθως $\beta \approx 0,82$.

Οι τυποποιημένες τιμές ονομαστικής ισχύος νηζελογεννητριών είναι: 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 και 1250 kW.

1.4.2 Ηλεκτρικός Ισολογισμός

Ο ηλεκτρικός ισολογισμός γίνεται όταν έχουν προσδιοριστεί με ακρίβεια οι καταναλωτές ηλεκτρισμού του πλοίου. Έτσι ομαδοποιούνται οι καταναλωτές, των οποίων είναι γνωστός ο βαθμός απόδοσης και η ονομαστική αποδιδόμενη ισχύς και βάσει του πλήθους των καταναλωτών της κάθε ομάδας και της κατάστασης λειτουργίας υπολογίζεται η ζήτηση ηλεκτρικού φορτίου.

Η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά ο κάθε καταναλωτής στο ονομαστικό του φορτίο υπολογίζεται, σύμφωνα με το [1], από τη σχέση (1.6α).

$$P_{ov.απορ.} = \frac{P_{ov.αποδ.}}{\eta} \quad (1.6α)$$

Όπου η : ο βαθμός απόδοσης του καταναλωτή

Έτσι οι όμοιοι καταναλωτές πλήθους N απορροφούν στο ονομαστικό φορτίο ισχύ $P_{εγκατ.}$ που είναι η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς. :

$$P_{εγκατ.} = N * P_{ov.απορ.} \quad (1.6β)$$

Η κατάσταση λειτουργίας του πλοίου - κανονική πορεία, χειρισμοί, εν όρμω- καθορίζει το είδος, το πλήθος των καταναλωτών που θα βρίσκονται σε λειτουργία και το φορτίο του καθενός. Για κάθε κατάσταση λειτουργίας ο κάθε καταναλωτής έχει έναν συντελεστή λειτουργίας f_s , σχέση (1.7).

$$f_s = \frac{\text{μέσο φορτίο } 24 - \text{ώρου}}{\text{ονομαστικό φορτίο}} = \frac{\sum_i P_i t_i}{24 P_{ov.αποδ.}} \quad (1.7)$$

Όπου:

P_i : η ισχύς λειτουργίας κατά τη χρονική περίοδο i του 24-ώρου

t_i : οι ώρες λειτουργίας της i -ιστής περιόδου με ισχύ P_i κατά τη διάρκεια ενός 24-ώρου

Η μέση απορροφώμενη ισχύς λειτουργίας σε κάθε κατάσταση λειτουργίας υπολογίζεται για ηλεκτροκίνητα μηχανήματα από τη σχέση (1.8).

$$P_{λειτ.} = \frac{P_{ov.αποδ.}}{\eta} * N' * f_s = P_{ov.απορ.} * N' * f_s \quad (1.8)$$

Για φωτισμό, μαγειρεία, θερμαντήρες, ηλεκτρονικές συσκευές η απορροφώμενη ισχύς λειτουργίας υπολογίζεται από τη σχέση (1.9).

$$P_{λειτ.} = P_{εγκατ.} * f_s \quad (1.9)$$

Έτσι για κάθε κατάσταση αθροίζεται η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς κάθε ομάδας καταναλωτών $P_{\text{λειτ.}}$ και βρίσκεται η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς σε κάθε κατάσταση κινήσεως.

1.4.3 Ισολογισμός αέργου ισχύος

Η μελέτη του ισολογισμού, εκτός από τις ακριβείς εκτιμήσεις σε ενεργό ισχύ, πρέπει να περιλαμβάνει τους αντίστοιχους υπολογισμούς αέργου ισχύος. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει μια σωστή εκτίμηση των απαιτήσεων ηλεκτρικού φορτίου των γεννητριών του πλοίου. Ακόμη, [1] όλοι οι επαγωγικοί κινητήρες έχουν αναλογικά μεγαλύτερες απαιτήσεις σε άεργο ισχύ όταν λειτουργούν σε μερική φόρτιση από ό,τι σε ονομαστικό φορτίο. Έτσι η άεργος ισχύς εκτιμάται από τη σχέση (1.10):

$$Q = P \frac{\sqrt{1 - (pf)^2}}{pf} \quad (1.10)$$

Όπου

$$pf = 0.865(1 - e^{-3.74 fs}) \quad (1.11)$$

pf : ο συντελεστής λειτουργίας.

1.5 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις

1.5.1 Περιορισμοί εκπομπών και καυσίμων πλοίων

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει κύριο καθήκον τόσο την ασφάλεια και την προστασία της διεθνούς ναυτιλίας, όσο και την πρόληψη της προερχόμενης από τα πλοία ρύπανσης. Έτσι έχουν εφαρμοστεί κανονισμοί για τους σκοπούς αυτούς. Συγκεκριμένα, για την πρόληψη της αέριας ρύπανσης από τα πλοία, από το 1997 έχουν δημοσιευτεί κανονισμοί σχετικά με τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx), οξειδίων του θείου (SOx), αιθάλης (PM), της ποιότητας καυσίμου.

Για τις εκπομπές NOx σύμφωνα με τον κανονισμό 13 του πρωτοκόλλου του 1997 για κάθε μηχανή ντίζελ με ισχύ εξόδου μεγαλύτερη από 130kW που είναι εγκατεστημένη σε πλοίο κατασκευασμένο από την 1^η Ιανουαρίου του 2000 και έπειτα ή πλήρως ανακατασκευασμένο από αυτήν την ημερομηνία και έπειτα δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα ακόλουθα όρια ρύπων NOx [4]:

- 17 g/kW-τόταν η ταχύτητα της μηχανής είναι μικρότερη από 130rpm
- $45.0 \cdot n^{-0.2}$ g/kW-h όταν η ταχύτητα είναι 130rpm ή περισσότερο, αλλά μικρότερη από 2000rpm
- 9,8 g/kW-τόταν η ταχύτητα είναι 2000rpm ή μεγαλύτερη

Όπου n η ταχύτητα της μηχανής σε στροφές το λεπτό (rpm).

Εκτός από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει δημοσιεύσει σειρά οδηγιών για τον περιορισμό των ρύπων. Η νεότερη οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ) 2016/802 είχε τα ακόλουθα όρια σχετικά με τα πλοία για την επικράτεια των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης:

- Δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα πλοίων περιεκτικότητας σε θείο άνω του 3.50% κατά μάζα, εκτός από τα καύσιμα που προορίζονται για τον εφοδιασμό των πλοίων τα οποία χρησιμοποιούν συγκεκριμένες μεθόδους μείωσης των εκπομπών, όπως αναφέρονται στη συγκεκριμένη οδηγία.

Στα οικεία χωρικά ύδατα των κρατών μελών της ΕΕ, στις αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και στις ζώνες ελέγχου της ρύπανσης δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα πλοίων με κατά μάζα περιεκτικότητα σε θείο άνω του [5]:

- 3,50% από την 18^η Ιουνίου 2014

- 0,50% από την 1^η Ιανουαρίου του 2020

Με την επιφύλαξη των παραγράφων 2 και 5 του άρθρου 6, και του άρθρου 7 της οδηγίας, ισχύει για όλα τα σκάφη ανεξαρτήτως σημαίας, συμπεριλαμβανομένων εκείνων των οποίων ο πλους αρχίζει εκτός της Ένωσης.

Στα οικεία χωρικά ύδατα των κρατών μελών της ΕΕ, στις αποκλειστικές οικονομικές ζώνες και ζώνες ελέγχου της ρύπανσης που ανήκουν σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών SO_x δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα πλοίων με κατά μάζα περιεκτικότητα σε θείο άνω του [5]:

- 1,00% έως τις 31 Δεκεμβρίου 2014
- 0,10% από την 1^η Ιανουαρίου 2015

Ισχύει για όλα τα σκάφη ανεξαρτήτως σημαίας, συμπεριλαμβανομένων εκείνων των οποίων ο πλους αρχίζει εκτός της Ένωσης.

Για τα σκάφη που είναι ελλιμενισμένα σε λιμένες της ΕΕ δεν επιτρέπεται η χρήση καυσίμων πλοίων περιεκτικότητας σε θείο άνω του 0,10% κατά μάζα [5], όπου ο συγκεκριμένος περιορισμός δεν εφαρμόζεται:

- Όταν σύμφωνα με τα δημοσιευμένα προγράμματα των δρομολογίων τα πλοία αναμένεται να παραμείνουν ελλιμενισμένα για διάστημα μικρότερο από δύο ώρες
- στα πλοία που κατά τη διάρκεια του παραμονής τους στο λιμάνι διακόπτουν τη λειτουργία όλων των μηχανών τους και τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά.

1.5.2 Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον που σχετίζονται με τις μηχανές ντίζελ των πλοίων

Οι εκπομπές NO_x συμβάλλουν στο σχηματισμό όζοντος σε χαμηλά επίπεδα, στον ευτροφισμό, στην απόθεση οξέος και στην αζωτοποίηση. Επίσης τα NO_x και το SO₂ αντιδρούν στην ατμόσφαιρα και σχηματίζεται όξινη βροχή. Ακόμα, όπως έδειξε η έρευνα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) για τις εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου από τα πλοία, η έμμεση επίδραση των εκπομπών NO_x στην υπερθέρμανση του πλανήτη είναι σημαντική.

Η όξινη βροχή συμβάλλει στην καταστροφή των δένδρων σε μεγάλο υψόμετρο, και σε ορισμένες περιοχές οι λίμνες και τα ποτάμια μπορεί να γίνουν τόσο όξινα ώστε να μην μπορούν να υποστηρίξουν την υδρόβια ζωή. Ακόμα, η όξινη βροχή επιταχύνει την αποσύνθεση των υλικών και των χρωμάτων των κτηρίων, συμπεριλαμβανομένων αναντικατάστατων κτηρίων, αγαλμάτων και γλυπτών πολιτιστικής κληρονομιάς [4].

Η απόθεση αζώτου από τις μηχανές των πλοίων συμβάλλει στην αύξηση του επιπέδου αζώτου στο νερό, αυτό επηρεάζει τη χημική ισορροπία των θρεπτικών συστατικών που χρειάζονται οι υδρόβιοι οργανισμοί. Ακόμα, η αζωτοποίηση επιταχύνει τον ευτροφισμό.

Το όζον που βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα σχηματίζεται όταν υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου αντιδράσουν παρουσία ήλιου. Η έκθεση σε όζον, το οποίο βρίσκεται στο επίπεδο της ατμόσφαιρας, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας. Αυτά αφορούν κυρίως προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα.

Ακόμα, οι μηχανές ντίζελ των πλοίων εκπέμπουν μικροσωματίδια. Τα μικροσωματίδια αναλόγως του μεγέθους τους διακρίνονται, σε γενικές κατηγορίες, σε μεγάλα (coarse) με αεροδυναμική διάμετρο 2,5-10 μικρόμετρα (μm) (PM₁₀) και μικρά (fine) με αεροδυναμική διάμετρο ≤ 2,5 μm (PM_{2.5}). Τα μικροσωματίδια που εκπέμπονται από τις μηχανές ντίζελ ανήκουν κυρίως στις κατηγορίες μικρά. Τα μικροσωματίδια είναι συνδεδεμένα με καρδιοαναπνευστικά προβλήματα και όσο πιο μικρά είναι, τόσο περισσότερο επικίνδυνα για την υγεία του ανθρώπου είναι, διότι εισέρχονται πιο βαθιά στον

οργανισμό μέσω του αναπνευστικού συστήματος. Επιπλέον καταστρέφουν το περιβάλλον συμβάλλοντας στο νέφος και επικάθονται στη γη και στα φυτά.

Ακολουθούν οι παγκόσμιες εκπομπές ρύπων ανά τύπο πλοίου (2001), πηγή BMT,2000, EPA 2003:

Table 1 Παγκόσμιες εκπομπές ρύπων ανά τύπο πλοίου (2001), πηγή BMT,2000, EPA 2003, [4].

Τύπος πλοίου	Πλήθος πλοίων παγκοσμίως	ποσοστό του παγκόσμιου εμπορικού στόλου	NO _x MT/yr	SO _x MT/yr	PM MT/yr
Τάνκερ(Tankers) >1000 GRT	6.781	36 %	2,9	2,1	0,16
ΝτράιΜπάλκ (DryBulk)>1000 GRT	5.726	31 %	2,6	1,8	0,14
Κοντέινερ (Container)>1000 GRT	2.382	11 %	2,6	1,8	0,14
Ρο-Ρο (Ro-Ro) >1000 GRT	1.432	5 %	1,1	1,1	0,10
Κρουαζιερόπλοια/επιβατηγά>1000GRT	283	4 %	0,3	0,3	0,02
Άλλα φορτηγά πλοία>1000GRT	11.224	13 %	2,8	3,0	0,26
Πλοία 250-1000 GRT	30.000	4%	0,4	0,5	0,04
Σύνολο	57.826	100%	12,6	10,5	0,87

Όπου, GRT (gross register tonnage) ολική χωρητικότητα του πλοίου

1.5.3 Μέθοδοι ελέγχου των εκπομπών για τη μείωση των ρύπων των πλοίων

Ακολουθούν ορισμένες μέθοδοι περιορισμού των εκπομπών των πλοίων. Αρχικά, μία εναλλακτική λύση για τη μείωση των ρύπων είναι η χρήση συστημάτων παροχής ενέργειας από τη ξηρά, για τα ελλιμενισμένα πλοία. Υπάρχουν όμως και τεχνολογίες περιορισμού των εκπομπών του πλοίου, σύμφωνα με το IMO, όταν είναι σε λειτουργία οι μηχανές του, για τις οποίες θα πρέπει να ελεγχθούν πρώτα οι τελικές εκπομπές και κατά πόσο τηρούνται τα όρια σε κάθε περίπτωση, πριν εφαρμοστούν, όπως αναφέρθηκαν.

Οι τεχνολογίες μείωσης των NO_x περιλαμβάνουν προσθήκη νερού κατά τη λειτουργία της καύσης και καταλυτική αναγωγή (SCR). Ενώ οι τεχνολογίες περιορισμού των μικροσωματιδίων περιλαμβάνουν παγίδες. Για τον περιορισμό των εκπομπών NO_x η εισαγωγή νερού κατά το στάδιο της καύσης μειώνει τη μέγιστη θερμοκρασία καύσης και έτσι μειώνεται ο σχηματισμός NO_x με μια ασήμαντη αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου [4]. Η εισαγωγή νερού μπορεί να μειώσει 30-40% τις εκπομπές NO_x. Η χρήση καταλύτη μπορεί να συμβάλει με ένα επιπρόσθετο 90% στη μείωση των εκπομπών NO_x. Τέλος μπορεί να γίνει καταλυτική αναγωγή (SRC), δηλαδή να γίνει ψεκασμός ουρίας στο ρεύμα των καυσαερίων, έτσι μπορεί να γίνει μείωση και πάλι κατά 90% των εκπομπών NO_x.

Ο περιορισμός των SO_x μπορεί να γίνει με χρήση πλυντρίδων (Scrubbers), οι οποίες «ξεπλένουν» τα καυσαέρια από ταSO_x.

Για τη μείωση εκπομπών μικροσωματιδίων μία μέθοδος είναι η χρήση παγίδας,(φίλτρουDPF), με αποδοτικότητα έως και 99% στη μείωση των εκπομπών μικροσωματιδίων [4].

Η ανάπτυξη ενός σχεδίου διαχείρισης την ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου είναι μια άλλη μέθοδος που μπορεί να συμβάλει στη μείωση των ρύπων μέσω της εξοικονόμησης της ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου. Αυτό θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες του εκάστοτε πλοίου και της εταιρίας στην οποία ανήκει. Θα βοηθήσει στη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιδόσεων [6].

1.6 Η έννοια της ψυχρής εκκίνησης

Η ψυχρή εκκίνηση (cold ironing) είναι μία στρατηγική μείωσης των ρύπων άνθρακα, αντικαθιστώντας τις βοηθητικές μηχανές ντίζελ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και παρέχοντας ηλεκτρική ενέργεια από τη στεριά. Έτσι για κάθε πλοίο που συνδέεται στο σύστημα ψυχρής εκκίνησης η ποιότητα του αέρα θα βελτιώνεται και ο θόρυβος θα μειώνεται [7]. Είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου και περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επί του παρόντος. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τρία μέρη, το παράλιο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, το σύστημα διασύνδεσης ακτής-πλοίου και το σύστημα λήψης της παρεχόμενης στο πλοίο ενέργειας. Το παράλιο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει μετατροπείς συχνότητας και μετασχηματιστές και μπορεί να έχει μορφή εμπορευματοκιβωτίου τοποθετημένου πλησίον του τερματικού σταθμού. Λαμβάνει ως είσοδο ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής τάσεως από έναν τοπικό υποσταθμό και στην έξοδο δίνει εναλλασσόμενο ρεύμα συγκεκριμένης τάσεως και συχνότητας. Το σύστημα διασύνδεσης αποτελείται από το καλώδιο και τον εξοπλισμό που συνδέει το παράλιο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με το σύστημα λήψης ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου, το οποίο θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις εξοπλισμού και των δύο πλευρών. Το σύστημα λήψης της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο είναι ένα επιπρόσθετο σύστημα λήψης ηλεκτρικής ενέργειας, βασιζόμενο στο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου. Αυτό περιλαμβάνει βαρούλκο για το καλώδιο, μετασχηματιστή και σχετικό σύστημα διαχείρισης [8]. Αρκετά είναι τα λιμάνια που έχουν υιοθετήσει αυτή τη στρατηγική περιορισμού των ρύπων, όπως ο λιμένας του Los Angeles και Long Beach, ο λιμένας του Göteborg και της Shanghai. Στον ελληνικό χώρο υπάρχουν αντίστοιχες διατάξεις στο λιμάνι της Κυλλήνης στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος και στο ναύσταθμο της Σαλαμίνας για τις φρεγάτες, τα υποβρύχια και για ορισμένα μικρά πλοία επιφάνειας.

1.7 Τυποποίηση ψυχρής εκκίνησης

Το πρώτο διεθνές πρότυπο για τα συστήματα ψυχρής εκκίνησης υψηλής τάσης δημοσιεύθηκε τον Ιούλιο του 2012 και είναι το IEC /ISO/IEEE 80005-1 “Utility connections in port – Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems - General requirements”. Το πρότυπο αυτό περιγράφει τα συστήματα σύνδεσης για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος υψηλής τάσης από τη στεριά σε ένα πλοίο. Το πρότυπο αυτό σχηματίστηκε από τη συνεργασία του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) με τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) και το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO). Εφαρμόζεται για το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τον έλεγχο των συστημάτων διασύνδεσης με τη στεριά σε υψηλή τάση και απευθύνεται στα συστήματα διανομής υψηλής τάσης στη στεριά, στη διασύνδεση της στεριάς με το πλοίο και στον εξοπλισμό διασύνδεσης, στους μετασχηματιστές / επαγωγικά πηνία, στους ημιαγωγούς / περιστρεφόμενους μετατροπείς, στο σύστημα διανομής του πλοίου και τέλος στα συστήματα ελέγχου, παρακολούθησης, σύνδεσης και διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρότυπο δεν αναφέρεται στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τη στεριά κατά τον ελλιμενισμό του πλοίου, τη συντήρηση ή την επισκευή του [18.1]. Επιπρόσθετες ή εναλλακτικές απαιτήσεις μπορούν να επιβληθούν από τις εθνικές διακυβερνήσεις ή από τις αρμόδιες αρχές σε κάθε κράτος. Τα συστήματα διασύνδεσης με τη στεριά υψηλής τάσης έχουν πρακτική εφαρμογή για πλοία που απαιτούν ισχύ τουλάχιστον 1MW ή για πλοία με κύρια παροχή υψηλής τάσης [18.1]. Συνέχεια αυτού του προτύπου αποτελεί το IEC/IEEE DIS 80005-2 “Utility connections in port – Part 2: High and low voltage shore connection systems – Data communication for monitoring and control” που αφορά την επικοινωνία μεταξύ του πλοίου και της ακτής για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο από τη στεριά και το IEC/IEEE DIS 80005-3 “Utility connections in port- Part 3: Low voltage shore connection

(LVSC) systems – General requirements” , το οποίο περιγράφει τα συστήματα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσης από τη στεριά στο πλοίο.

1.8 Τεχνικά χαρακτηριστικά κατά την τυποποίηση της ψυχρής εκκίνησης

Το πρότυπο IEC /ISO/IEEE 80005-1 “Utility connections in port –Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General requirements”, το οποίο αφορά την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης από τη στεριά στο πλοίο, αναφέρεται στις γενικές απαιτήσεις του συστήματος διανομής, στην εκτίμηση συμβατότητας πριν τη σύνδεση, στη σχεδίαση και τη λειτουργία του συστήματος διασύνδεσης με τη στεριά υψηλής τάσης, στην ασφάλεια, στις σχεδιαστικές προδιαγραφές, στις ηλεκτρικές προδιαγραφές, στη μελέτη και τους υπολογισμούς του συστήματος, στον τερματισμό λειτουργίας σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης. Ακόμα, αναφέρεται στις προδιαγραφές του συστήματος παροχής ενέργειας από τη στεριά υψηλής τάσης σχετικά με τη συχνότητα, στην τάση και στην ποιότητα. Επιπρόσθετα αφορά την εγκατάσταση από τη μεριά της στεριάς, τη διασύνδεση του πλοίου με τη στεριά και τον εξοπλισμό διασύνδεσης, τις προδιαγραφές του πλοίου, τα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης του συστήματος σύνδεσης με τη στεριά υψηλής τάσης, την επαλήθευση και τον έλεγχο, τους περιοδικούς ελέγχους και τη συντήρηση. Τέλος, αναφέρεται στο καλώδιο διασύνδεσης του πλοίου με τη στεριά και σε επιπρόσθετες προδιαγραφές για τα φορτηγά και τα επιβατηγά πλοία τύπου “Ro-Ro”, για τα κρουαζιερόπλοια, για τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) και για τα δεξαμενόπλοια τύπου “tanker”.

Το πρότυπο αυτό συμβάλλει στη συμβατότητα του κάθε πλοίου με το σύστημα διασύνδεσης με τη στεριά, στη χρήση συγκεκριμένων κατευθυντήριων γραμμών κατά το σχεδιασμό του συστήματος από την πλευρά της στεριάς, από την πλευρά του πλοίου και της γραμμής διασύνδεσης, στην ασφάλεια, και στην αποφυγή εμφάνισης προβλημάτων κατά τη διασύνδεση του πλοίου με τη στεριά.

1.9 Προτεινόμενη δομή της ψυχρής εκκίνησης κατά την Ευρωπαϊκή Ένωση

Ένα σύστημα ψυχρής εκκίνησης μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε λιμένα και το είδος του κάθε πλοίου, όμως υπάρχει μία προτεινόμενη δομή κατά την Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με το πρόταση(2006/339/EC). Η τυπική αυτή δομή παρουσιάζεται στο (σχήμα 2) και αναλύεται στη συνέχεια.

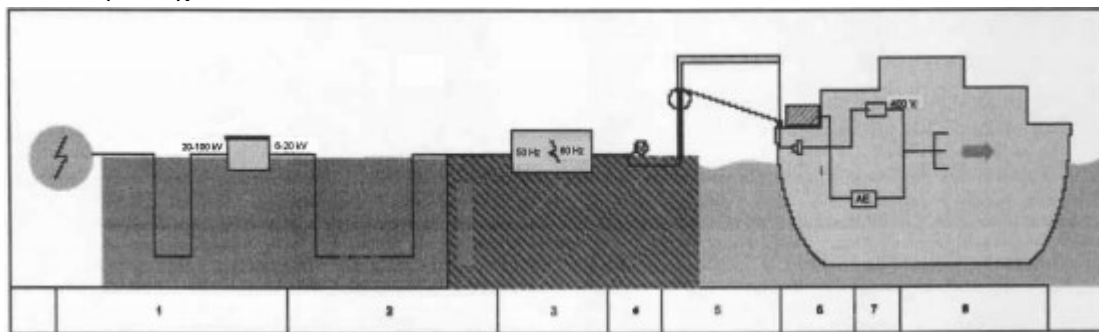


Figure 2 Διάγραμμα προτεινόμενης δομής συστήματος ψυχρής εκκίνησης, [9].

Αναλύοντας το διάγραμμα από αριστερά προς τα δεξιά, αρχικά, στο σημείο 1 είναι η σύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας στα 20-100kV, από έναν τοπικό υποσταθμό, όπου μέσω ενός μετασχηματιστή η τάση μειώνεται στα 6-20kV. Στη συνέχεια ακολουθούν τα καλώδια που διανέμουν ηλεκτρικό ρεύμα τάσης 6-20kV από τον υποσταθμό στον τερματικό προορισμό του λιμένα. Ακολουθεί

ένας μετατροπέας συχνότητας, όπου θα γίνεται μετατροπή της συχνότητας όταν τα συστήματα του πλοίου είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν σε διαφορετική συχνότητα από αυτή του εθνικού δικτύου. Στο σημείο 4 είναι τα καλώδια διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος προς τον τερματικό σταθμό. Ακολουθεί, στο σημείο 5, ένας μηχανισμός ανύψωσης με καρούλι καλωδίου για πιο εύκολη διαχείριση και για να αποφευχθεί η φυσική επαφή με καλώδια υψηλής τάσης. Αυτός μπορεί να χτιστεί στη μεριά του λιμένα, υποστηρίζοντας ένα καρούλι καλωδίου, έναν ανυψωτήρα και ένα σκελετό. Έπειτα, στο σημείο 6 είναι ένας ρευματοδότης που βρίσκεται πάνω στο πλοίο, για να γίνει η σύνδεση. Στο σημείο 7 ακολουθεί ένας μετασχηματιστής πάνω στο πλοίο όπου μειώνει την τάση του ηλεκτρικού ρεύματος στα 400V. Τέλος, στο 8, το ηλεκτρικό ρεύμα διανέμεται στους ηλεκτρικούς καταναλωτές του πλοίου και οι βοηθητικές μηχανές σβήνουν [9].

Το σύστημα ψυχρής εκκίνησης είναι συνδεδεμένο στο τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για να υπάρχει κάποιου είδους απομόνωση από το κεντρικό τερματικό σταθμό. Αυτό συμβαίνει πρώτον για προστασία του σταθμού από μεταβολές της τάσης ή ενός ενδεχόμενου σφάλματος του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και δεύτερον για να υπάρχει η δυνατότητα διαφορετικών χρεώσεων ηλεκτρικής ενέργειας, αν χρειαστεί [10].

1.10 Το πρόβλημα του αγείωτου δικτύου πλοίου και του γειωμένου ξηράς

Μία ηλεκτρική εγκατάσταση μέσης τάσεως ενός εμπορικού πλοίου μπορεί να έχει ηλεκτρικό δίκτυο πρωτεύουσας διανομής με τριφασικό σύστημα τριών αγωγών χωρίς ουδέτερο αγωγό. Αυτό λειτουργεί με αγείωτο ουδέτερο κόμβο ή με ουδέτερο κόμβο συνδεδεμένο με τη γάστρα του πλοίου μέσω μίας ωμικής αντίστασης ή μέσω ενός πηνίου Petersen. Το πηνίο Petersen είναι μία ηλεκτρική διάταξη η οποία αντιπροσωπεύεται από αυτεπαγωγή και σκοπός του πηνίου αυτού είναι η δημιουργία συνθηκών συντονισμού σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση, οπότε ένα μονοφασικό σφάλμα γης μπορεί να εξαλειφθεί αυτόματα. Γενικά για το δίκτυο του πλοίου προτιμάται το αγείωτο σύστημα, διότι σε περίπτωση ενός μονοφασικού σφάλματος εξασφαλίζεται η συνέχεια λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως. Αν σε μία γραμμή μεταφοράς ενός γειωμένου συστήματος συμβεί ένα μονοφασικό σφάλμα, τότε αυτό ισοδυναμεί με βραχυκύκλωμα της γεννήτριας με τη γάστρα του πλοίου. Το ρεύμα βραχυκυκλώσεως το οποίο θα κυκλοφορήσει, θα ενεργοποιήσει τα συστήματα προστασίας οπότε θα απομονωθεί το κύκλωμα του σφάλματος. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να προκαλέσει μία επικίνδυνη κατάσταση για την ηλεκτρική εγκατάσταση του πλοίου, ειδικά αν το κύκλωμα στο οποίο εμφανίστηκε το σφάλμα περιλαμβάνει ζωτικής σημασίας συστήματα, όπως εκείνο του πηδαλίου [2].

Μελετώντας το σχήμα 3, αν ένα σφάλμα γης συμβεί στο σημείο Α ενός αγείωτου συστήματος διανομής (σχήμα 3(α)), τότε αυτό δεν αποτελεί κίνδυνο για το δίκτυο, οπότε συνεχίζεται κανονικά η λειτουργία της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως. Το σφάλμα όμως αυτό θα πρέπει να εντοπιστεί μέσω των καταλλήλων διατάξεων και οργάνων, γιατί έτσι αποτρέπεται η πιθανή ανάπτυξη ενός δεύτερου σφάλματος που θα ήταν καταστροφικό για το δίκτυο. Στην περίπτωση του μονοφασικού σφάλματος γης δεν υπάρχει δρόμος επιστροφής για το ρεύμα σφάλματος στην πηγή τάσεως, οπότε στο δίκτυο δεν κυκλοφορεί ρεύμα βραχυκυκλώσεως [2].

Αν στη συνέχεια συμβεί και δεύτερο σφάλμα, σημείο Β, (σχήμα 3(β)) σε άλλη γραμμή του συστήματος, τότε τα δύο μονοφασικά σφάλματα ταυτόχρονα ισοδυναμούν με βραχυκύκλωμα της γεννήτριας με τη γάστρα του πλοίου, έτσι θα ενεργοποιηθούν τα συστήματα ηλεκτρικής προστασίας και η αποσύνδεση, ενδεχομένως μηχανισμών ζωτικής σημασίας θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια του πλοίου. Ένα αγείωτο σύστημα απαιτεί δύο σφάλματα ώστε να κυκλοφορήσει ρεύμα βραχυκυκλώσεως

στο δίκτυο και να λειτουργήσουν τα συστήματα ηλεκτρικής προστασίας, ενώ το γειωμένο σύστημα απαιτεί μόνο ένα μονοφασικό σφάλμα [2].

Γενικά το αγείωτο σύστημα προτιμάται διότι είναι αποτελεσματικότερο για τη συνέχεια λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Ωστόσο, είναι πιο δύσκολη η εύρεση του σημείου βραχυκύκλωσης.

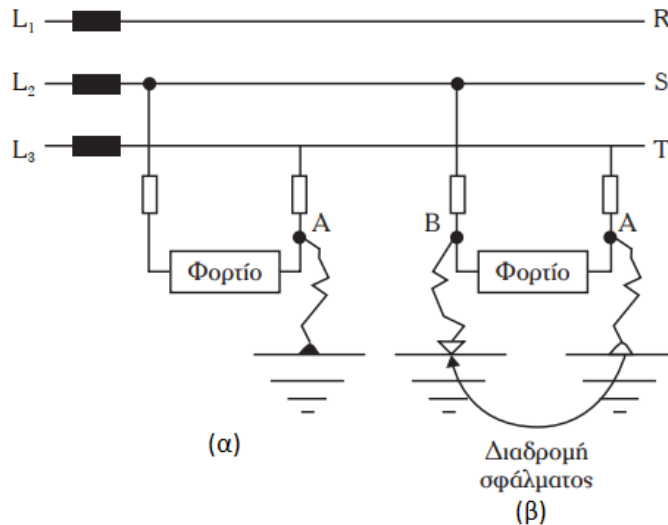


Figure 3 (α) Μονοφασικό σφάλμα γης, (β) Διπλό σφάλμα γης σε αγείωτο σύστημα, [2].

Από την πλευρά της στεριάς, το δίκτυο θα πρέπει να είναι μονωμένο και κατάλληλα γειωμένο για αποφυγή άμεσης ή έμμεσης ηλεκτροπληξίας οποιουδήποτε προσώπου στο λιμένα. Στο χώρο του λιμένα σε περίπτωση ενδεχόμενης βλάβης μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας η εγκατάσταση για την προστασία των ανθρώπων από ηλεκτροπληξία, χωρίς να δημιουργήσει κάποιο πρόβλημα ζωτικής σημασίας. Τα δίκτυα ξηράς που σχετίζονται άμεσα με την τροφοδοσία αγείωτων πλοίων έχουν μία βασική διαφορά στη μορφή του δικτύου σε IT. Σε ένα σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT όλα τα ενεργά μέρη είναι μονωμένα προς τη γη ή ένα σημείο συνδέεται με τη γη μέσω μίας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ενώ τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη της εγκατάστασης είναι γειωμένα. Αν γειώνεται ένα σημείο του συστήματος τροφοδότησης, αυτό μπορεί να είναι είτε ο ουδέτερος κόμβος, είτε ένας τεχνητός ουδέτερος που δημιουργείται από μία διάταξη τριών ίσων σύνθετων αντιστάσεων μεγάλης τιμής. Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι [11]. Η διαφοροποίηση στα αγείωτα πλοία έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει ουδέτερος αγωγός και το σύστημα είναι αγείωτο, επηρεάζοντας τη φιλοσοφία και την πρακτική προστασίας του προσωπικού.

1.11 Εξοπλισμός ξηράς για την ψυχρή εκκίνηση

1.11.1 Μετασηματιστής

Ο εξοπλισμός ξηράς αρχικά περιλαμβάνει μετασηματιστή. Τα περισσότερα πλοία διαχειρίζονται τριφασικό ρεύμα συχνότητας 60 Hz και τάσεως 440V ή 6,6kV. Γι' αυτό το λόγο χρειάζεται ένας μετασηματιστής που θα μειώσει την τάση στα επιθυμητά επίπεδα για τις διάφορες καταναλώσεις του πλοίου. Μία τάση της τάξεως των 6,6kV είναι επιθυμητή, διότι έτσι χρησιμοποιούνται καλώδια

μικρότερου μεγέθους και μειώνεται το κόστος. Τέλος, η επιλογή του μετασχηματιστή θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τις τρέχουσες, αλλά και τις μελλοντικές απαιτήσεις του πλοίου [10].

1.11.2 Σύστημα προστασίας

Ένα άλλο μέλος του εξοπλισμού ξηράς είναι το σύστημα προστασίας μεταξύ του μετασχηματιστή και των καλωδίων εξόδου για την προστασία των καλωδίων εξόδου (εικόνα 4). Αυτού του είδους ο εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος με την αξιοπιστία της εγκατάστασης, χρησιμοποιείται ως μηχανισμός απενεργοποίησης και βοηθά στον προσδιορισμό βλαβών. Το σύστημα αυτό είναι απαραίτητο να διαθέτει ηλεκτρονόμο προστασίας για την προστασία του μετασχηματιστή και των καλωδίων τροφοδοσίας. Πολλαπλά συστήματα προστασίας θα πρέπει να εγκαθίστανται στο λιμάνι για να γίνεται αποσύνδεση κάθε πλοίου όταν δεν κάνει χρήση [10].



Figure 4 Medium voltage switchgear for primary distribution, [12].

1.11.3 Καλώδια - διασυνδέσεις

Το τρίτο μέλος του εξοπλισμού ξηράς για την ψυχρή εκκίνηση είναι τα καλώδια και οι αγωγοί. Τα καλώδια και οι αγωγοί είναι παρόμοια για τα υπόλοιπα μέρη του τερματικού σταθμού. Για να χρησιμοποιηθούν αγωγοί σε διαχειρίσιμο μέγεθος, τυπικά είναι τέτοιοι ώστε να μπορούν να μεταφέρουν ισχύ 4MVA ο κάθε ένας. Το μέσο που προτιμάται για τα κυκλώματα ελέγχου είναι η οπτική ίνα παρά ο χαλκός [10].

1.11.4 Αλληλο-ασφαλίσεις – διατάξεις διασύνδεσης

Οι ρευματοδότες κλειδώνουν μέσω ενός «κλειδιού» με το σύστημα προστασίας, χρησιμοποιώντας κλειδιά τύπου Kirk. Συγκεκριμένα, όταν το φιντ του πλοίου εισέρχεται μέσα στο ρευματοδότη, τότε το κλειδί αφαιρείται. Έτσι κλειδώνει το φιντ στο ρευματοδότη και δεν μπορούν να διαχωριστούν. Το ίδιο συμβαίνει με όλα τα φιντ. Στη συνέχεια, τα κλειδιά εισάγονται στο κοντινό σύστημα προστασίας, το οποίο συνήθως τροφοδοτείται από το σύστημα προστασίας του μετασχηματιστή. Υπάρχει ειδική κλειδαριά για τα κλειδιά στον διακόπτη, όπου εισέρχονται, στρέφονται και έπειτα μένουν εκεί. Τέλος, το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου παραλληλίζεται με το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της ακτής. Όταν επέλθει παραλληλισμός, ο διακόπτης του πλοίου ανοίγει και δεν κυκλοφορεί ρεύμα προερχόμενο από τις βοηθητικές μηχανές του πλοίου. Μετά από αυτό, οι βοηθητικές μηχανές μπορούν να απενεργοποιηθούν [10].

Μία εγκατάσταση μπορεί να έχει περισσότερες από μία υποδοχές παρέχοντας ευελιξία, για παράδειγμα μία ανά 65 μέτρα, αφού δεν είναι γνωστή η ακριβής τοποθεσία ελλιμενισμού του

πλοίου, ούτε η τοποθεσία των καλωδίων του πλοίου πάνω σε αυτό. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε 5 με 6 υποδοχές ανά θέση αγκυροβόλησης.

Σε μία άλλη προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί γνωστή η θέση αγκυροβόλησης του πλοίου. Τότε μπορούν να τοποθετηθούν δύο υποδοχές κοντά στην πρύμνη και δύο κοντά στην πλώρη, συνήθως οι διασυνδέσεις του πλοίου είναι κοντά στην πρύμνη, έτσι θα μπορεί να εξυπηρετηθεί ένα πλοίο αγκυροβολημένο είτε από την αριστερή, είτε από τη δεξιά πλευρά. Συνεπώς θα είναι διαθέσιμες τέσσερις υποδοχές για κάθε πλοίο, (εικόνα 1.5) [10].



Figure 5 Receptacle Pit, [13].

1.12 Εξοπλισμός πλοίου για την ψυχρή εκκίνηση.

1.12.1 Διατάξεις διανομής, μετασχηματισμού και παραλληλισμού

Τα νέα μεγάλου μεγέθους πλοία έχουν μέση τάση διανομής, 6.6kV, ενώ τα ήδη υπάρχοντα έχουν χαμηλή τάση, 440V. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των απωλειών και καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη ενός μετασχηματιστή για τη μείωση της τάσης στα 440V, όταν χρειαστεί, ο οποίος θα πρέπει να βρίσκεται ακριβώς μπροστά στη θέση αγκυροβόλησης ή πάνω στο πλοίο.

Οι τρόποι όπου γίνεται η μετάπτωση από το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου στο σύστημα της ακτής είναι δύο επί του παρόντος. Στην πρώτη περίπτωση, μπορεί πρώτα να σταματήσει η τροφοδότηση ηλεκτρικού ρεύματος προερχόμενου από τις βοηθητικές μηχανές του πλοίου και έπειτα να γίνει η σύνδεση με την ακτή, με κάποιες επιπτώσεις λόγω διακοπής blackout, ή στη δεύτερη το πλοίο μπορεί να τροφοδοτείται διαρκώς με ηλεκτρική ισχύ και να συγχρονιστεί με το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της ακτής προτού διακοπεί η τροφοδότηση από τις βοηθητικές μηχανές. Μία διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στα συστήματα του πλοίου, όπως συμβαίνει με τα κρουαζιερόπλοια. Ενώ για τα φορτηγά πλοία δεν είναι τόσο σημαντική μία τέτοια, μικρής διάρκειας διακοπή, καθώς ακόμα και τα φορτηγά ψυγεία μπορούν να ανταπεξέλθουν σε αυτή. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση οι διακοπές ισχύος μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στον εξοπλισμό, γι' αυτό συνήθως επιλέγεται ο δεύτερος τρόπος σύνδεσης, συνεχούς παροχής ισχύος στις καταναλώσεις του πλοίου [10].

1.12.2 Διατάξεις εύκαμπτων καλωδίων διασύνδεσης με ρευματοδότες

Σε προηγούμενες κατασκευές τα καλώδια μεταφερόντουσαν χειροκίνητα για να γίνει η σύνδεση, διαδικασία δύσκολη, η οποία καταναλώνει χρόνο. Έτσι δημιουργήθηκαν συστήματα διαχείρισης των καλωδίων, για να γίνεται πιο εύκολη η σύνδεση με την ξηρά. Αυτά τα συστήματα διαθέτουν και μηχανισμούς ανύψωσης των καλωδίων. Παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται στο σχήμα 6.

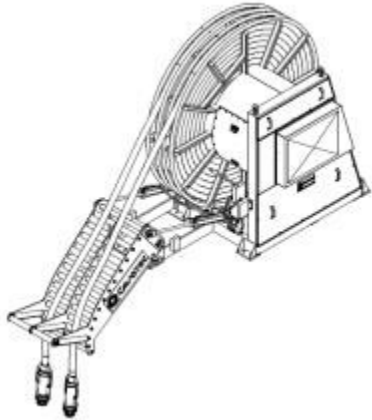


Figure 6 Σύστημα διαχείρισης καλωδίων, [14].

1.13 Αναγκαίες τεχνικές μελέτες

Για την εγκατάσταση συστήματος ψυχρής εκκίνησης στην πλευρά του λιμένα θα πρέπει να γίνει μελέτη της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης. Αρχικά θα πρέπει να γίνει ένας προσδιορισμός των γενικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης, μία εκτίμηση των αναγκών φορτίου ζήτησης του λιμένα, που προκύπτει από τις ανάγκες των ελλιμενισμένων πλοίων, τα οποία μελλοντικά θα κάνουν χρήση ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από τη στεριά, όπου θα συμπεριλαμβάνει τόσο τη μέγιστη ζήτηση όσο και τη ζήτηση ενέργειας μέσω του ετεροχρονισμού. Στη συνέχεια πρέπει να γίνει επιλογή του συστήματος γείωσης, καθώς και προμελέτη με ηλεκτρολογικό σχέδιο, όπου θα φαίνονται αναλυτικά όλες οι οδεύσεις των καλωδίων, από το σταθμό παραγωγής ή το κεντρικό δίκτυο μέχρι και τον τερματικό σταθμό στο λιμένα, η επιλογή των απαραίτητων μετασχηματιστών για τον υποβιβασμό και την ανύψωση της τάσης στα σημεία όπου είναι απαραίτητο, και των μετατροπένων συχνότητας, ανάλογα με τη συχνότητα του δικτύου εισόδου και του δικτύου που είναι σχεδιασμένο να καλύψει ο λιμένας. Στη συνέχεια γίνεται η διαστασιολόγηση των καλωδίων/αγωγών/ζυγών μέσω των κριτηρίων του θερμικού ορίου (μέγιστη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος ανά αγωγό), της πτώσης τάσης, των βραχυκυκλωμάτων, όπου για μεγάλα πλοία απαιτείται ο έλεγχος τριφασικού βραχυκυκλώματος κατά IEC61363, ενώ σε κατάσταση λιμένος θα γίνουν για όλα τα είδη βραχυκυκλώματος και σε διάφορες θέσεις. Ακολούθως θα γίνει η μελέτη των συστημάτων προστασίας (ασφαλειών, αυτομάτων διακοπών, λοιπού διακοπτικού υλικού) και ο επανακαθορισμός των χαρακτηριστικών καλωδίων/αγωγών/ζυγών, μετασχηματιστών, μετατροπένων συχνότητας και άλλων στοιχείων σε περίπτωση που χρειαστεί. Εφόσον προσδιοριστεί το αναγκαίο ηλεκτρολογικό υλικό τότε καθορίζονται τα υπόλοιπα στοιχεία του ηλεκτρολογικού υλικού, όπως διατομές σωλήνων εντός των οποίων θα τοποθετηθούν τα καλώδια, μέγεθος ηλεκτρολογικών πινάκων, ηλεκτροστασίου, κλπ. Αφού ολοκληρωθεί η προκαταρκτική μελέτη στη μεριά του λιμένα διερευνάται η επάρκεια του δικτύου μεταφοράς/διανομής της περιοχής του λιμένα ή και του συστήματος παραγωγής από την πλευρά του διαχειριστή / ελεγκτή

λειτουργίας και επέκτασης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς ενδέχεται να απαιτούνται έργα πέρα από την περιοχή του λιμένα. Με βάση αυτή τη συμπληρωματική διαδικασία διαμορφώνεται τόσο το αντίστοιχο κόστος διασύνδεσης του λιμένα με το κυρίως σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και ο απαιτούμενος χρόνος υλοποίησης των συμπληρωματικών έργων που ενδέχεται να είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο χρόνο υλοποίησης έργων εντός του λιμένα. Ακολούθως γίνεται η οικονομική μελέτη βιωσιμότητας της επένδυσης από την πλευρά του λιμένα και εφόσον εξασφαλιστεί συντάσσεται η τελική τεχνική μελέτη, όπου φαίνονται τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης για συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές.

1.14 Ενδεικτικές εγκαταστάσεις

Στη σύγχρονη εποχή, ολοένα και περισσότερα λιμάνια εγκαθιστούν συστήματα ψυχρής εκκίνησης. Αυτό γίνεται για τη μείωση των αέριων ρύπων και την επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας. Όμως, σε κάθε μέρος του κόσμου ο ρυθμός εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων είναι διαφορετικός, ανάλογα με την περιβαλλοντική νομοθεσία, την πίεση της κοινωνίας και την κοινωνική υπευθυνότητα σε κάθε περιοχή.

Η περιβαλλοντική απόδοση των λιμένων είναι αρκετά σημαντική στις μέρες μας, σε βαθμό που να επηρεάζει την άδεια λειτουργίας του λιμένα. Οι διεθνείς κανονισμοί που συμφωνήθηκαν από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) το 2008 για τα πλοία που πλέουν, είναι αρκετά σημαντικά, αλλά είναι ευρέως διαδεδομένη η ανάγκη για επιπρόσθετα μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του τοπικού αέρα. Μέρος αυτών των μέτρων είναι η χρήση συστημάτων ψυχρής εκκίνησης στους λιμένες [10]. Στον πίνακα που ακολουθεί υπάρχουν οι ενδεικτικές εγκαταστάσεις ψυχρής εκκίνησης στους λιμένες παγκοσμίως, όπως έχουν καταγραφεί μέχρι το 2017.

Table 2 Ενδεικτικές εγκαταστάσεις ψυχρής εκκίνησης λιμένων (WPCI, 2017)

Έτος	Ονομασία λιμένα	Χώρα	Ισχύς (MW)	Συχνότητα (HZ)	Τάση (kV)	Είδη πλοίων που κάνουν χρήση της ψυχρής εκκίνησης
2000-2010	Gothenburg	Σουηδία	1,25-2,5	50 & 60	6,6 & 11	RoRo, ROPAX
2000	Zeebrugge	Βέλγιο	1,25	50	6,6	RoRo
2001	Juneau	ΗΠΑ	7 - 9	60	6,6 & 11	Κρουαζιερόπλοια
2004	Los Angeles	ΗΠΑ	7,5 - 60	60	6,6	Φορτηγά, κρουαζιερόπλοια
2005 – 2006	Seattle	ΗΠΑ	12,8	60	6,6 & 11	Κρουαζιερόπλοια
2006	Kemi	Φινλανδία		50	6,6	ROPAX
2006	Kotka	Φινλανδία		50	6,6	ROPAX
2006	Oulu	Φινλανδία		50	6,6	ROPAX
2006	Stockholm	Σουηδία				
2008	Antwerp	Βέλγιο	0,8	50 & 60	6,6	Φορτηγά
2008	Lübeck	Γερμανία	2,2	50	6	ROPAX
2009	Vancouver	Καναδάς	16	60	6,6 & 11	Κρουαζιερόπλοια
2010	San Diego	ΗΠΑ	16	60	6,6 & 11	Κρουαζιερόπλοια
2010	San	ΗΠΑ	16	60	6,6 & 11	Κρουαζιερόπλοια

	Francisco					
2010	Verkö, Karlskrona	Σουηδία	2,5	50		Κρουαζιερόπλοια
2010	Amsterdam	Ολλανδία				
2011	Long Beach	ΗΠΑ	16	60	6,6 & 11	Κρουαζιερόπλοια
2011	Oslo	Νορβηγία	4,5	50	11	Κρουαζιερόπλοια
2011	Prince Rupert	Καναδάς	7,5	60	6,6	
2012	Rotterdam	Ολλανδία	2,8	60	11	ROPAX
2012	Oakland	ΗΠΑ				
2012	Ystad	Σουηδία	6,25 - 10	50 & 60	11	Κρουαζιερόπλοια
2012	Helsinki	Φινλανδία				
2013	Trelleborg	Σουηδία	0 – 3,2	50	10,5	ROPAX
2014	Riga	Λετονία				
2015	Bergen	Νορβηγία				
2015	Hamburg	Γερμανία	12	50 & 60	6,6 & 11	Κρουαζιερόπλοια
2015	Civitavecchia	Ιταλία				

Στην Ελλάδα το 2018 εγκαταστάθηκε το πρώτο σύστημα ψυχρής εκκίνησης στην Κυλλήνη και είναι 500 kW, όπως έχει αναφερθεί αντίστοιχη εγκατάσταση υπάρχει και στο ναύσταθμο της Σαλαμίνας.

1.15 Πρόσθετα προβλήματα σε μικρά αυτόνομα νησιά

Τα προβλήματα ηλεκτροδότησης των μη διασυνδεδεμένων νησιών επικεντρώνονται κυρίως στην αξιοπιστία σταθμού και μονάδων, με το υψηλό κόστος παραγωγής από πετρέλαιο και κατά δεύτερο λόγο στο δίκτυο. Τα μικρά αυτόνομα νησιά δεν είναι διασυνδεδεμένα με το εθνικό δίκτυο και καλύπτουν μόνα τους τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια κατά κύριο λόγο από τοπικούς θερμικούς σταθμούς παραγωγής οι οποίοι λειτουργούν με καύσιμο πετρέλαιο- μαζούτ ή ντίζελ- και τους σταθμούς ΑΠΕ-αιολικούς και φωτοβολταϊκούς. Η κάλυψη των αναγκών από θερμικούς σταθμούς παραγωγής με καύσιμο το πετρέλαιο έχει υψηλό κόστος παραγωγής και αυξημένη τιμή πώλησης της kWh. Ακόμα, η ζήτηση κατά τις τουριστικές περιόδους (καλοκαίρι) αυξάνεται κατακόρυφα λόγω τουρισμού και ακόμα περισσότερο λόγω καιρικών συνθηκών οπότε είναι απαραίτητη η χρήση μονάδων αιχμής για την κάλυψη της θερινής ζήτησης. Στα νησιά αυτά η εγκατάσταση συστήματος ψυχρής εκκίνησης αυξάνει τη ζήτηση του δικτύου ακόμη περισσότερο κατά τις τουριστικές περιόδους, όπου η κίνηση των πλοίων είναι αυξημένη, συνεπώς κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη μονάδων αιχμής για την κάλυψη της αυξημένης ζήτησης. Τέλος, μία βλάβη σε μονάδα του κύριου σταθμού παραγωγής ή στο δίκτυο διανομής μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σε μεγάλο μέρος του νησιού, καθώς οι μονάδες ΑΠΕ δεν θα επαρκούν για την κάλυψη του φορτίου ζήτησης. Συνεπώς απαιτείται ενδεχομένως μελέτη επέκτασης του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενίσχυσης του δικτύου διανομής, ενώ λόγω του συγκεντρωμένου μεγάλου φορτίου στο λιμένα που συνήθως απέχει από το σταθμό παραγωγής απαιτείται μελέτη ευστάθειας του υπό διαμόρφωση συστήματος από πλευράς ισχύος και τάσης [15], [16].

2. Εκτίμηση ζήτησης φορτίου

2.1 Ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος & ενέργειας

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως στόχο την εξυπηρέτηση των καταναλωτών κατά τρόπο ποιοτικό, αξιόπιστο και οικονομικό. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η μελέτη της ηλεκτρικής ζήτησης των καταναλωτών στο παρόν, αλλά και στο μέλλον ως πρόβλεψη. Η πλευρά της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος αποτελείται από τρία είδη καταναλωτών, τους βιομηχανικούς, τους οικιακούς και τους εμπορικούς. Κάθε ένας από αυτούς τους καταναλωτές έχει ξεχωριστές ιδιαιτερότητες, όλοι όμως συμβάλλουν στη διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης. Μία τέτοια ιδιαιτερότητα των οικιακών καταναλωτών είναι ότι η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος αυτής της ομάδας λαμβάνει χώρα τις πρωινές και απογευματινές ώρες, καθώς και τα Σαββατοκύριακα, όταν ο κόσμος βρίσκεται σπίτι. Ενώ, κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας οι οικιακοί καταναλωτές έχουν την ελάχιστη κατανάλωση. Το φορτίο του συστήματος είναι κάθε στιγμή ίσο με το άθροισμα των φορτίων ή καταναλώσεων όλων των συσκευών, οι οποίες λειτουργούν τη χρονική αυτή στιγμή. Η κατανάλωση της κάθε ομάδας εξαρτάται και από την εκάστοτε περιοχή στην οποία γίνεται αναφορά. Για παράδειγμα, στις δυτικές χώρες, όπου επικρατεί υψηλό βιοτικό επίπεδο, η οικιακή και εμπορική ζήτηση αντικατοπτρίζει σημαντικό μέρος της συνολικής κατανάλωσης, η οποία έχει εμφανείς πρωινές και απογευματινές αιχμές καθώς και βραδινές βυθίσεις στην καμπύλη ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν χώρες όπως η Κίνα και η Ρωσία, όπου η οικιακή κατανάλωση είναι περιορισμένη ενώ οι βιομηχανίες λειτουργούν με συνεχές ωράριο μέσα σε μία ημέρα, καλύπτοντας τρία οκτάωρα, οπότε η συνολική κατανάλωση είναι σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια μίας ημέρας, παρουσιάζοντας μικρές διακυμάνσεις. Ενώ οι τουριστικές περιοχές έχουν σημαντικά φορτία κατά την τουριστική τους περίοδο. Αν προστεθεί και η ζήτηση φορτίου λιμένων, λόγω της χρήσης συστήματος ψυχρής εκκίνησης τότε οι απαιτήσεις ισχύος αυξάνονται ακόμα περισσότερο. Η ζήτηση αυτή εξαρτάται από το μέγεθος του λιμανιού, τις εγκαταστάσεις ψυχρής εκκίνησης και τη δυναμικότητα που έχει, την εμπορικότητα του και τον τουρισμό του. Αν είναι ένα εμπορικό λιμάνι, τότε η ζήτηση του λιμένα εξαρτάται από τα δρομολόγια των εμπορικών πλοίων και τις επισκέψεις τους στο εκάστοτε λιμάνι. Συνεπώς, το διάγραμμα ημερήσιας κατανάλωσης, η εβδομαδιαία και εποχική διαφοροποίηση και τα στατιστικά χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από τη συμπεριφορά των διαφορετικών καταναλωτικών ομάδων [17], [18].

Κάθε χρονική στιγμή η ηλεκτρική επιχείρηση (ή το σύνολο αυτών), λόγω δυσκολιών στην αποθήκευση ενέργειας, οφείλει να λειτουργεί τόσες μονάδες παραγωγής, όσες είναι αναγκαίες για να καλυφθεί το φορτίο των καταναλωτών και να υπάρχει αρκετή εφεδρεία στο σύστημα, ώστε να αντιμετωπιστούν τυχόν αυξήσεις στο καταναλισκόμενο φορτίο ή τυχόν μειώσεις παραγωγής ισχύος λόγω απώλειας κάποιων μονάδων. Τα περισσότερα προβλήματα κάλυψης του φορτίου αιχμής προκύπτουν όταν η αιχμή αναφέρεται σε μία ημερήσια καμπύλη και είναι αρκετά υψηλότερη από το φορτίο που ζητούνταν το προηγούμενο λεπτό ή ώρες. Αυτή η περίπτωση μπορεί να συμβεί το χειμώνα, το καλοκαίρι ή κατά τη μεταβατική περίοδο, καθώς και τα Σαββατοκύριακα. Το απότομο άνοιγμα ηλεκτρικών συσκευών μετά τη μετάβαση από υψηλό φορτίο σε περίοδο εκτός αιχμής, όπως το άνοιγμα της τηλεόρασης σε ειδικές περιστάσεις ή μονάδων θέρμανσης λόγω ασυνήθιστων μεταβολών του καιρού είναι περιπτώσεις τέτοιας αστάθειας [17], [18].

Στην εξομάλυνση αυτών των αιχμών στη χώρα μας συμβάλλουν δύο μέτρα. Το πρώτο αφορά την αλλαγή της ώρας κατά μία ώρα πίσω το χειμώνα και μία ώρα μπροστά το καλοκαίρι. Το δεύτερο αφορά το νυχτερινό ρεύμα, όπου υπάρχουν χαμηλότερες χρεώσεις για συγκεκριμένες ώρες της ημέρας, ανάλογα με την περίοδο. Σε καταστάσεις ανάγκης, όμως, θα πρέπει να ληφθούν δραστικότερα μέτρα.

Οι καταστάσεις ανάγκης μπορούν να δημιουργηθούν όταν η διατιθέμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανεπαρκής για την αντιμετώπιση του φορτίου ζήτησης. Καταστάσεις σαν αυτές μπορούν να δημιουργηθούν από απρόβλεπτες βλάβες ορισμένων γεννητριών ή άλλου μέρους του εξοπλισμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο πιο αποτελεσματικός και άμεσος τρόπος μείωσης του φορτίου είναι η «απόρριψη φορτίου», η οποία αφορά την αυτόματη αποσύνδεση ορισμένων φορτίων σύμφωνα με συγκεκριμένο πρόγραμμα που έχει σχηματίσει ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας [17], [18].

Οι καμπύλες φορτίου χρησιμοποιούνται για τη μελέτη και πρόβλεψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος εκ μέρους του συστήματος, καθώς είναι απαραίτητο εργαλείο για τον προγραμματισμό των εγκαταστάσεων του συστήματος. Η χρονολογική καμπύλη φορτίου είναι η γραφική παράσταση της ζητούμενης ισχύος σε συνάρτηση με το χρόνο στον οποίο ζητήθηκε η αντίστοιχη ισχύς (παράδειγμα χρονολογικής καμπύλης (σχήμα 7)). Μία ημερήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου αποτελείται από τρία μέρη, αυτά είναι το φορτίο βάσης, το κυμαινόμενο φορτίο και το φορτίο αιχμής. Το φορτίο βάσης είναι το μέρος του φορτίου που δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και είναι το μέγιστο φορτίο που ζητείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Το φορτίο αιχμής είναι το πάνω τμήμα της καμπύλης φορτίου, με τις υψηλότερες τιμές- το τμήμα αυτό έχει τις πιο απότομες μεταβολές και τη μικρότερη διάρκεια. Τέλος, το κυμαινόμενο φορτίο είναι το ενδιάμεσο τμήμα του διαγράμματος μεταξύ της ζώνης βάσης και της ζώνης αιχμής (σχήμα 8) [17], [18].

Το γενικό μοτίβο των ημερήσιων χρονολογικών καμπυλών φορτίου και τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν για κάθε ημέρα της εβδομάδας, όπως τις εργάσιμες, το Σάββατο και την Κυριακή και για αυτές τις ημέρες το μοτίβο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την εποχή. Υπάρχει ένα εποχιακό μοτίβο για τη μέγιστη ζήτηση, όπου ανάλογα με τις γεωγραφικές συνθήκες συμβαίνει κατά τη θερινή ή τη χειμερινή περίοδο [17], [18].

Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι αλλαγές από τη μία χρονιά στην άλλη, όπως αλλαγή των καιρικών συνθηκών ή της οικονομικής κατάστασης της κάθε χώρας μπορεί να επηρεάσει το ημερήσιο διάγραμμα συγκεκριμένων ημερών ή ακόμα και ενός έτους σε σχέση με το προηγούμενο. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η πρόβλεψη της ζήτησης των καταναλωτών, με χρήση ειδικού προγράμματος που βασίζεται σε ωριαία ή ανά μισή ώρα δείγματα μετρήσεων [17], [18].

Το σύστημα παραγωγής καλείται να προσφέρει επίπεδα ισχύος στο σύστημα με διαφορετικές διάρκειες. Για να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες έχει εγκατεστημένους συνδυασμούς μονάδων παραγωγής με διαφορετικά λειτουργικά και οικονομικά χαρακτηριστικά, όπου με συγκεκριμένη μέθοδο ρυθμίζεται τότε θα λειτουργεί η κάθε μία μονάδα. Συγκεκριμένα, το φορτίο βάσης καλύπτεται από μονάδες παραγωγής που παράγουν ενέργεια με μικρό κόστος παραγωγής και σχετικά μεγάλο κόστος εγκατάστασης, με τις μονάδες αυτές να ονομάζονται μονάδες βάσης. Το φορτίο αιχμής καλύπτεται από μονάδες παραγωγής που ονομάζονται μονάδες αιχμής και παράγουν ενέργεια με μεγάλο κόστος παραγωγής, αλλά σχετικά μικρό κόστος εγκατάστασης. Ενώ, το φορτίο που καταλαμβάνει τη ζώνη κυμαινόμενου φορτίου καλύπτεται από τις μονάδες ενδιάμεσου φορτίου, οι οποίες έχουν σχετικά μέσο κόστος παραγωγής ενέργειας και εγκατάστασης [17], [18]. Στη χώρα μας η παραγωγή εστιάζεται στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, στις μονάδες φυσικού αερίου, στα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα και στη χρήση υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Μία μικρογραφία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει και στο κάθε πλοίο, όπου τα φορτία του είναι οι διάφορες καταναλώσεις του (πχ φωτισμός, αντλίες, βαρούλκα, ψυγεία κλπ.). Η συνολική ζήτηση κυμαίνεται όχι μόνο λόγω εποχιακών μεταβολών, αλλά και λόγω διαφορετικών καταστάσεων λειτουργίας (εν όρμω, εν πλω, σε αγκυροβόλιο κλπ.) ή και διαφορετικών απαιτήσεων

λειτουργίας (όπως διαφορά στο πλήθος εμπορευματοκιβωτίων σε φορτηγά πλοία. Επιπλέον στο πλοίο, στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορεί εύκολα να υπάρξει μεγάλη διαφοροποίηση μονάδων. Ωστόσο είναι δυνατό να υπάρχουν μονάδες διαφορετικής ισχύος με ίδιο ή διαφορετικό καύσιμο (ντίζελ, μαζούτ, φυσικό αέριο για LNG) με διατάξεις συμπαραγωγής - τριπαραγωγής, όπως κίνηση – ηλεκτρική ενέργεια- ψύξη – θέρμανση.

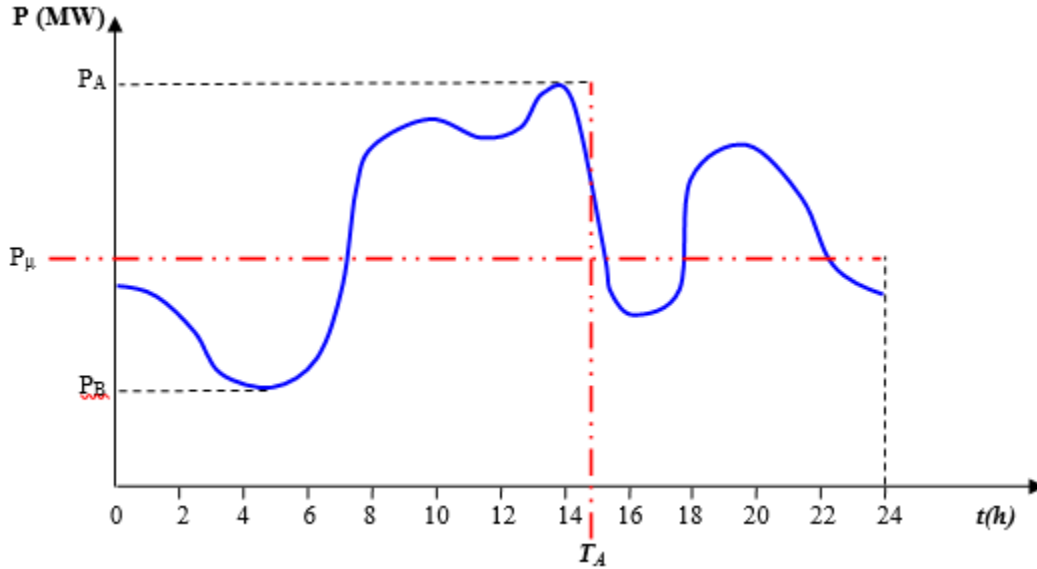


Figure 7 Παράδειγμα εικοσιτετράωρης χρονολογικής καμπύλης φορτίου, [17].

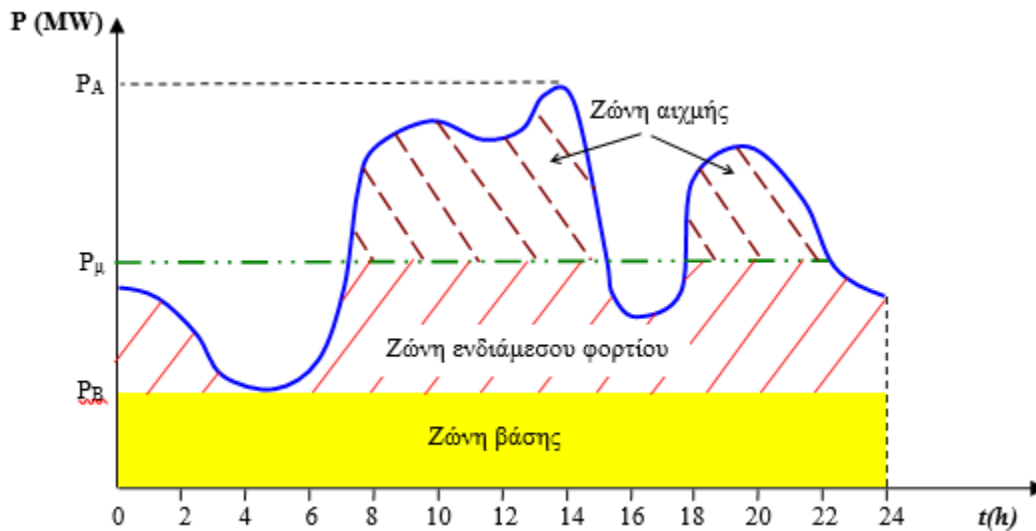


Figure 8 Παράδειγμα εικοσιτετράωρης χρονολογικής καμπύλης φορτίου με διαχωρισμό ζωνών βάσης, ενδιάμεσου φορτίου και αιχμής θεωρώντας ότι το όριο ζώνης αιχμής κυμαίνεται μεταξύ αιχμής και μέσου φορτίου, [17].

Όπου

P_A : το μέγιστο φορτίο

P_B : το ελάχιστο φορτίο

P_μ : το μέσο φορτίο (δηλαδή, το πηλίκο της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά την περίοδο μελέτης T προς τοαντίστοιχο χρονικό διάστημα T).

2.2 Ετεροχρονισμός / ταυτοχρονισμός φορτίου

Όταν υπάρχουν περισσότερα από ένα φορτία σε ένα σύστημα δεν είναι απαραίτητο να ταυτίζονται οι αιχμές τους. Γι' αυτό το λόγο εισάγονται οι έννοιες των συντελεστών ετεροχρονισμού και ταυτοχρονισμού. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής ετεροχρονισμού (ε) είναι ο λόγος του αθροίσματος των αιχμών διαφόρων φορτίων P_{A-i} πλήθους N προς τη συνολική αιχμή του συστήματος P_{A-tot} , ενώ ο συντελεστής ταυτοχρονισμού (σ) είναι ο λόγος της συνολικής αιχμής του συστήματος P_{A-tot} προς το άθροισμα των αιχμών διαφόρων φορτίων P_{A-i} πλήθους N , είναι δηλαδή ο αντίστροφος λόγος του συντελεστή ετεροχρονισμού [17].

$$\varepsilon = \frac{P_{A-1} + P_{A-2} + \dots + P_{A-N}}{P_{A-tot}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{A-i}}{P_{A-tot}} > 1 \quad (2.1)$$

$$\sigma = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{P_{A-tot}}{P_{A-1} + P_{A-2} + \dots + P_{A-N}} = \frac{P_{A-tot}}{\sum_{i=1}^N P_{A-i}} < 1 \quad (2.2)$$

Στην προσπάθεια γενίκευσης της εφαρμογής των συντελεστών ετεροχρονισμού και ταυτοχρονισμού σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ορίζεται το τυπικό διάγραμμα του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ακτινικής δομής της σχήμα 9 μέχρι το σημείο που διασυνδέεται με το δίκτυο μεταφοράς. Στο διάγραμμα αυτό:

- Τα φορτία διανομής αντιστοιχούν στις τιμές P_1, P_2, \dots, P_k , πλήθους k_i , ανά μετασχηματιστή διανομής i , συνολικού πλήθους k
- Οι αιχμές των μετασχηματιστών διανομής 20kV / 400V αντιστοιχούν στις τιμές $P_{A1}, P_{A2}, \dots, P_{Am}$, πλήθους m_j ανά μετασχηματιστή υπομεταφοράς j , συνολικού πλήθους m
- Οι αιχμές των μετασχηματιστών δικτύου υπομεταφοράς 150kV / 20kV αντιστοιχούν στις τιμές $P_{B1}, P_{B2}, \dots, P_{Bn}$, πλήθους n για το μετασχηματιστή μεταφοράς
- Η αιχμή του μετασχηματιστή μεταφοράς 400kV / 150kV αντιστοιχεί στην τιμή P_{tot}

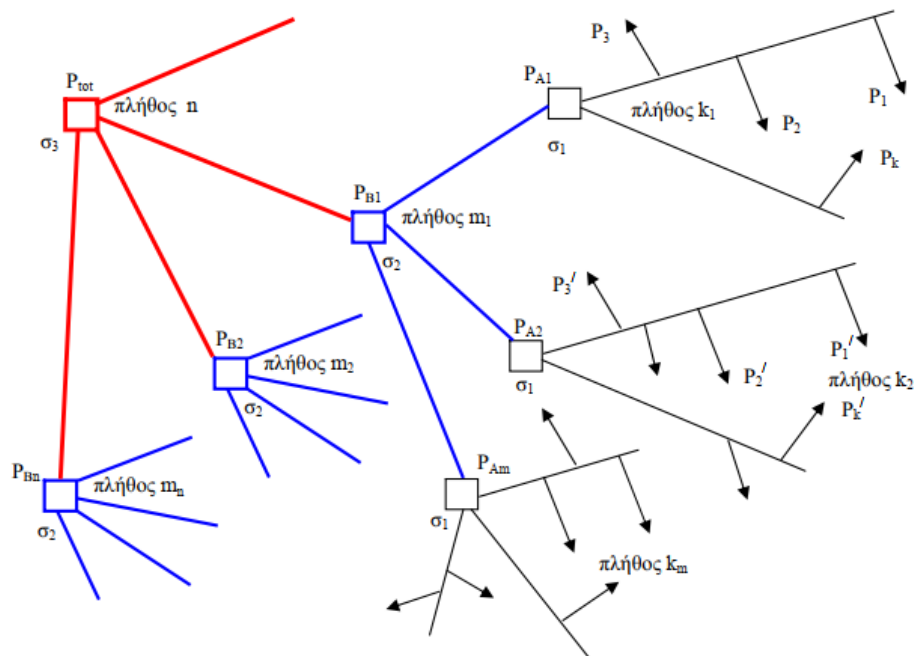


Figure 9 Τυπικό δίκτυο διανομής – υπομεταφοράς μέχρι τον κόμβο του συστήματος μεταφοράς, [17].

Αν θεωρηθεί ότι σε κάθε επίπεδο μετασχηματισμού –δηλαδή στα επίπεδα 20kV / 400V, 150kV / 20kV, 400kV / 150kV- ισχύουν οι ίδιοι συντελεστές ταυτοχρονισμού, τότε σύμφωνα με την [17] προκύπτει ότι:

$$\sigma_1 = \frac{P_{A1}}{\sum_{k_1} P_i} = \frac{P_{A2}}{\sum_{k_2} P_i} = \dots = \frac{P_{Am}}{\sum_{k_m} P_i} = \frac{\sum_m P_{Ai}}{\sum_k P_i} < 1 \quad (2.3)$$

$$\sigma_2 = \frac{P_{B1}}{\sum_{m_1} P_{Ai}} = \frac{P_{B2}}{\sum_{m_2} P_{Ai}} = \dots = \frac{P_{Bn}}{\sum_{m_n} P_{Ai}} = \frac{\sum_n P_{Bi}}{\sum_m P_{Ai}} < 1 \quad (2.4)$$

$$\sigma_3 = \frac{P_{tot}}{\sum_n P_{Bi}} < 1 \quad (2.5)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (2.3), (2.4), (2.5) προκύπτει ότι:

$$\sigma_3 = \frac{P_{tot}}{\sum_n P_{Bi}} = \frac{P_{tot}}{\sigma_2 \sum_m P_{Ai}} = \frac{P_{tot}}{\sigma_1 \sigma_2 \sum_k P_i} \Rightarrow P_{tot} = \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 \cdot \sum_k P_i \quad (2.6)$$

Συνεπώς ο συνολικός συντελεστής ταυτοχρονισμού σ του τυπικού δικτύου διανομής – υπομεταφοράς μέχρι τον κόμβο του συστήματος μεταφοράς προκύπτει ότι είναι:

$$\sigma = \frac{P_{tot}}{\sum_k P_i} = \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 \quad (2.7)$$

Ακολουθεί η χρήση της ίδιας μεθοδολογίας για το ίδιο δίκτυο όπου ως καταναλωτές έχει πλοία στο επίπεδο της χαμηλής τάσης, τα οποία είναι συνδεδεμένα σε κάποιους λιμένες. Από τον ενεργειακό ισολογισμό του πλοίου, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες του πλοίου κατά την παραμονή του στον λιμένα, όπου το πλοίο βρίσκεται σε κατάσταση εν όρμω και ότι ο λιμένας φιλοξενεί πλοία ίδιου τύπου-αναγκών, τότε θεωρούμε ως σ_1 τον συντελεστή ταυτοχρονισμού του λιμένα και ισχύει η σχέση (2.8)

$$\sigma_1 = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_A1}}}}{\sum_{k_1} P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}} = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_A2}}}}{\sum_{k_2} P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}} = \dots = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_Am}}}}{\sum_{k_m} P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}} = \frac{\sum_m P_{\lambda_{\text{ειτ_Ai}}}}{\sum_k P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}} = \frac{\sum_m P_{\lambda_{\text{ειτ_Ai}}}}{\sum_k P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}} < 1 \quad (2.8)$$

$$\sigma_2 = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_B1}}}}{\sum_{m_1} P_{\lambda_{\text{ειτ_Ai}}}} = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_B2}}}}{\sum_{m_2} P_{\lambda_{\text{ειτ_Ai}}}} = \dots = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_Bn}}}}{\sum_{m_n} P_{\lambda_{\text{ειτ_Ai}}}} = \frac{\sum_n P_{\lambda_{\text{ειτ_Bi}}}}{\sum_m P_{\lambda_{\text{ειτ_Ai}}}} < 1 \quad (2.9)$$

$$\sigma_3 = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_tot}}}}{\sum_n P_{\lambda_{\text{ειτ_Bi}}}} < 1 \quad (2.10)$$

$$\sigma_3 = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_tot}}}}{\sum_n P_{\lambda_{\text{ειτ_Bi}}}} = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_tot}}}}{\sigma_2 \sum_m P_{\lambda_{\text{ειτ_Ai}}}} = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_tot}}}}{\sigma_1 \sigma_2 \sum_k P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}} \quad (2.11)$$

$$\Rightarrow P_{\lambda_{\text{ειτ_tot}}} = \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 \cdot \sum_k P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}$$

Όπου

- Τα φορτία των πλοίων αντιστοιχούν στις τιμές $P_{\lambda_{\text{ειτ_1}}}, P_{\lambda_{\text{ειτ_2}}}, \dots, P_{\lambda_{\text{ειτ_k}}}$ πλήθους k_i ανά λιμένα i , συνολικού πλήθους k
- Οι αιχμές των μετασηματιστών διανομής 20kV / 400V αντιστοιχούν στις τιμές $P_{\lambda_{\text{ειτ_A1}}}, P_{\lambda_{\text{ειτ_A2}}}, \dots, P_{\lambda_{\text{ειτ_Am}}}$, πλήθους m_j ανά μετασηματιστή υπομεταφοράς j , συνολικού πλήθους m
- Οι αιχμές των μετασηματιστών δικτύου υπομεταφοράς 150kV / 20kV αντιστοιχούν στις τιμές $P_{\lambda_{\text{ειτ_B1}}}, P_{\lambda_{\text{ειτ_B2}}}, \dots, P_{\lambda_{\text{ειτ_Bn}}}$, πλήθους n για το μετασηματιστή μεταφοράς
- Η αιχμή του μετασηματιστή μεταφοράς 400kV / 150kV αντιστοιχεί στην τιμή $P_{\lambda_{\text{ειτ_tot}}}$

Συνεπώς ο συνολικός συντελεστής ταυτοχρονισμού σ του τυπικού δικτύου διανομής – υπομεταφοράς μέχρι τον κόμβο του συστήματος μεταφοράς, όπου ως καταναλωτές έχει πλοία που βρίσκονται στο επίπεδο της χαμηλής τάσης (σχέση 2.12).

$$\sigma = \frac{P_{\lambda_{\text{ειτ_tot}}}}{\sum_k P_{\lambda_{\text{ειτ_i}}}} = \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 \quad (2.12)$$

Το φορτίο κάθε συστήματος, γενικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι διαμορφώνεται από τα φορτία διαφόρων ομοειδών καταναλωτών, όπου κάθε ομάδα ομοειδών καταναλωτών παρουσιάζει τη δική της αιχμή φορτίου και η αιχμή αυτή μπορεί να είναι ετεροχρονισμένη ως προς την αιχμή φορτίου του συστήματος. Ο ετεροχρονισμός αυτός εκφράζεται μέσω του συντελεστή ετεροχρονισμού αιχμής της ομάδας ή αλλιώς συντελεστή ετεροχρονισμού ομάδας επί ταυτοχρονισμού αιχμής r και ορίζεται ως το

πηλίκιο της αιχμής P_r της ομάδας καταναλωτών ως προς το τμήμα του φορτίου P_{r-A} αυτής της ομάδας που συμμετέχει στην αιχμή του συστήματος [17].

$$r = \frac{P_r}{P_{r-A}} > 1 \quad (2.13)$$

Έτσι, με βάση τις εξισώσεις που αναφέρθηκαν μπορεί να υπολογιστεί η αιχμή του συστήματος, εφόσον είναι γνωστές οι καταναλώσεις των επιμέρους καταναλωτών και οι αντίστοιχοι συντελεστές ετεροχρονισμού. Συγκεκριμένα, έστω ότι οι κατηγορίες των καταναλωτών είναι N και ότι για την i -ισοτή κατηγορία καταναλωτών η αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύς ανά καταναλωτή συμβολίζεται με $C_{εγκ-i}$, το πλήθος των καταναλωτών συμβολίζεται με N_i , η αντίστοιχη εγκατεστημένη συνολική ισχύ με $P_{εγκ-i}$, ο συντελεστής ζήτησης με ζ_i , ο συντελεστής ετεροχρονισμού ανά κατηγορία ε_i (με το αντίστροφό του να είναι ο συντελεστής ταυτοχρονισμού ανά κατηγορία σ_i), ο συντελεστής ετεροχρονισμού επί του ταυτοχρονισμού αιχμής με r_i , η διάρκεια αιχμής με T_{A-i} , η αιχμή φορτίου με P_{A-i} , η συνεισφορά της κατηγορίας στην αιχμή φορτίου του συστήματος με P'_{A-i} , η ζήτηση ενέργειας της κατηγορίας με E_i , ο συντελεστής φορτίου με m_i . Η συνολική αιχμή του συστήματος, η ετήσια συνολική ζήτηση του συστήματος και η περίοδος μελέτης συμβολίζονται με τα μεγέθη P_A , E και T αντίστοιχα. Ο μέσος συντελεστής φορτίου και ο μέσος συντελεστής ετεροχρονισμού του συστήματος συμβολίζονται με τα μεγέθη m και ε_{tot} αντίστοιχα και ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις [17]:

$$P_{εγκ-i} = N_i \cdot C_{εγκ-i} \quad (2.14)$$

$$P_{A-i} = \frac{P_{εγκ-i} \cdot \zeta_i}{\varepsilon_i} = P_{εγκ-i} \cdot \zeta_i \cdot \sigma_i \quad (2.15)$$

$$P'_{A-i} = \frac{P_{A-i}}{r_i} \quad (2.16)$$

$$P_A = \sum_{i=1}^N P'_{A-i} \quad (2.17)$$

$$E_i = P_{A-i} \cdot T_{A-i} = m_i \cdot P_{A-i} \cdot T \quad (2.18)$$

$$E = \sum_{i=1}^N E_i \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{E}{P_A \cdot T} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_N}{(P'_{A-1} + P'_{A-2} + \dots + P'_{A-N}) \cdot T} = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{\sum_{i=1}^N P'_{A-i} \cdot T} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot P_{A-i} \cdot T}{\sum_{i=1}^N P'_{A-i} \cdot T} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot P_{A-i}}{\sum_{i=1}^N P'_{A-i}} \quad (2.20) \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{tot} = \frac{P_{A-1} + P_{A-2} + \dots + P_{A-N}}{P_A} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{A-i}}{P_A} \quad (2.21)$$

2.3 Μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη φορτίου

Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διαθεσιμότητά της ανά πάσα στιγμή στο σημείο ζήτησης με χαρακτηριστικά τέτοια, που θα καλύπτουν τις απαιτήσεις του καταναλωτή σε ποιότητα (επίπεδα τάσης, συχνότητας, συντελεστή παραμόρφωσης αρμονικών) και ποσότητα (επάρκεια ισχύος και ενέργειας). Για την εγκατάσταση συστήματος ψυχρής εκκίνησης σε ένα λιμένα θα πρέπει να είναι βέβαιο ότι θα μπορεί να καλυφθεί το φορτίο ζήτησης των ελλιμενισμένων πλοίων, σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες καταναλώσεις του δικτύου ακόμα και τις ημέρες και ώρες με την υψηλότερη αιχμή του συστήματος. Έτσι, για να είναι δυνατή η κάλυψη της ζήτησης σε μακροχρόνιο ή βραχυχρόνιο επίπεδο, είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν κατάλληλες μεθοδολογίες πρόβλεψης φορτίου. Αυτές διακρίνονται στις κατηγορίες: πολύ βραχυπρόθεσμη –όπου γίνεται η πρόβλεψη της ζήτησης για τα επόμενα 30 λεπτά ως μία ώρα, με βήματα μερικών δευτερολέπτων ως λεπτού-, βραχυπρόθεσμη –όπου γίνεται η πρόβλεψη του φορτίου για το επόμενο εικοσιτετράωρο ως μία εβδομάδα με βήμα μισή έως μία ώρα-, μεσοπρόθεσμη –όπου η πρόβλεψη γίνεται για ένα έτος με βήμα μίας εβδομάδας- και μακροπρόθεσμη –όπου η πρόβλεψη γίνεται με χρονικό ορίζοντα 10 έως 20 ετών και χρονικό βήμα ενός έτους [19].

Η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων. Για ένα εμπορικό ελλιμενισμένο πλοίο οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας είναι: οικονομικοί – εξαρτάται από το πλήθος εμπορευματοκιβωτίων και το είδος τους, πχ τα ψυγεία απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία τους -, εποχιακοί – όπου οι αλλαγές αυτές οφείλονται κυρίως στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών, των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και της γεωγραφικής τοποθεσίας-, μετεωρολογικοί – με τη θερμοκρασία να είναι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας-, τυχαίοι – όπως ορισμένα τυχαία γεγονότα- και αβέβαιοι – δηλαδή παράγοντες που είναι δύσκολο να προβλεφθούν και επηρεάζουν μακροπρόθεσμα την κατανάλωση.

Στη συνέχεια ακολουθεί μία μεθοδολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη πρόβλεψη φορτίου, ειδικά της αιχμής ή της ενέργειας, αλλά και για τη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη με χρήση κατάλληλων περιοδικών συναρτήσεων.

Η αιχμή μπορεί να θεωρηθεί ως το άθροισμα μίας εξαρτώμενης και μίας μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας. Εναλλακτικά στη θέση της εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας μπορούν να βρεθούν περισσότερες συνιστώσες πχ συνιστώσα από πλήθος / μέγεθος πλοίων κτλ. Ο διαχωρισμός της αιχμής σε εξαρτώμενη και σε μη εξαρτώμενη από τον καιρό συνιστώσα απαιτεί μοντέλα φορτίου-καιρού. Η μέθοδος βασίζεται στην πρόβλεψη των αιχμών ζήτησης σε χρονικά διαστήματα, όπως εβδομαδιαία. Όταν υπολογιστούν οι εβδομαδιαίες αιχμές ζήτησης είναι απλό να προσδιοριστεί και η ετήσια αιχμή ζήτησης [19]. Ακολουθούν ενδεικτικά τα βήματα της μεθοδολογίας:

1. Καθορισμός του μοντέλου φορτίου-καιρού.
2. Με χρήση του μοντέλου φορτίου –καιρού διαχωρισμός των γνωστών εβδομαδιαίων αιχμών σε εξαρτώμενη και μη εξαρτώμενη από τον καιρό συνιστώσα.
3. Πρόβλεψη της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας αιχμής.

4. Προεκβολή του μοντέλου φορτίου-καιρού για να γίνει η πρόβλεψη της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας αιχμής.
5. Υπολογισμός της μέσης τιμής, τυπικής απόκλισης και πυκνότητας κατανομής της συνολικής εβδομαδιαίας αιχμής.
6. Υπολογισμός της πυκνότητας κατανομής της ετήσιας αιχμής.

2.3.1 Μοντέλο φορτίου-καιρού

Για τον προσδιορισμό του μοντέλου φορτίου – καιρού χρειάζεται η χάραξη ενός διαγράμματος διασποράς των ημερήσιων αιχμών σε συνάρτηση με μία ή περισσότερες καιρικές μεταβλητές, όπως θερμοκρασία, υγρασία. Εδώ λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία, αλλά στη θέση της συνιστώσας από τη θερμοκρασία μπορεί να μπει οποιαδήποτε άλλη μεταβλητή. Έπειτα, στο διάγραμμα διασποράς προσαρμόζεται το μη γραμμικό μοντέλο φορτίου – καιρού της εξαρτώμενης από τον καιρό, στην προκείμενη περίπτωση, συνιστώσας S και μπορεί να περιγραφεί από καμπύλες διαφόρων μορφών. Για καμπύλη τραπεζοειδούς συνάρτησης η εξαρτώμενη από τον καιρό συνιστώσα φορτίου υπολογίζεται από τη σχέση (2.22).

$$S = \begin{cases} K_S \cdot (T - T_S), & T > T_S \\ -K_W \cdot (T - T_W), & T < T_W \\ 0, & T_W \leq T \leq T_S \end{cases} \quad (2.22)$$

Όπου T είναι η θερμοκρασία, K_S και K_W είναι οι κλίσεις του μοντέλου φορτίου-καιρού και T_S και T_W είναι οι χαρακτηριστικές θερμοκρασίες του μοντέλου καλοκαιριού-χειμώνα αντίστοιχα. Θεωρείται ότι η εξαρτώμενη από τον καιρό συνιστώσα φορτίου S είναι μηδενική για θερμοκρασίες μεταξύ των T_S και T_W όπου θεωρείται ότι είναι η περιοχή θερμοκρασιών άνετης διαβίωσης [19]. Στο σχήμα 10 φαίνεται η καμπύλη της συγκεκριμένης συνάρτησης.

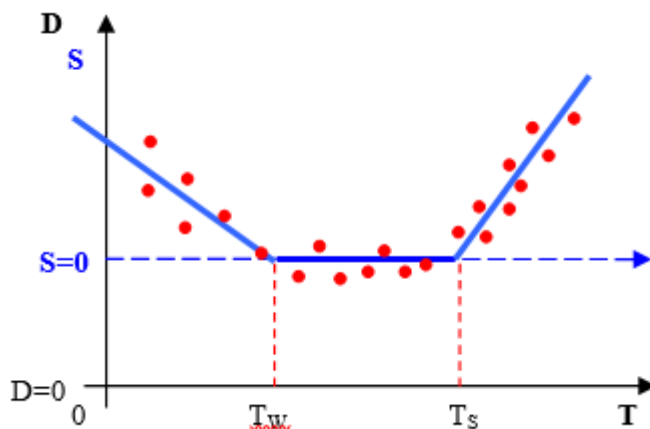


Figure 10 Μοντέλο φορτίου – καιρού, [19].

2.3.2 Υπολογισμός της εξαρτώμενης και της μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας

Θεωρείται ότι η εβδομαδιαία αιχμή $D(t)$ είναι το άθροισμα των δύο συνιστωσών (σχέση 2.23), της εξαρτώμενης και της μη εξαρτώμενης από τον καιρό $S(t)$ και $L(t)$ αντίστοιχα:

$$D(t) = S(t) + L(t) \quad (2.23)$$

Όπου, σύμφωνα με το γνωστό μοντέλο φορτίου-καιρού και γνωρίζοντας τη μέση θερμοκρασία κάθε εβδομάδας υπολογίζεται η συνιστώσα $S(t)$ της αιχμής και επειδή είναι γνωστή η αιχμή υπολογίζεται η συνιστώσα $L(t)$.

2.3.3 Πρόβλεψη της μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας φορτίου

Από το προηγούμενη βήμα έχει υπολογιστεί η μη εξαρτώμενη από τον καιρό συνιστώσα εβδομαδιαίας αιχμής $L(t)$ για $t=1, \dots, N$, όπου N το πλήθος των χρονικών σημείων ή εβδομάδων για τις οποίες υπάρχουν ιστορικά δεδομένα. Τα σημεία $L(t)$ για $t=1, \dots, N$ πρόκειται να προσαρμοστούν σε μία καμπύλη $\xi(t)$ που είναι συνδυασμός παναλυτικών συναρτήσεων $f_i(t)$, σύμφωνα με την [19] όπου θα ισχύει

$$L(t) = \xi(t) + \nu(t) \quad (2.24)$$

Όπου $\eta\nu(t)$ είναι μία τυχαία μεταβλητή που περιγράφει την τυχαία μεταβολή της $L(t)$ γύρω από την $\xi(t)$. Αν ληφθούν υπόψιν τα ιστορικά δεδομένα μέσω ενός διανύσματος \vec{z} , το οποίο θα είναι το διάνυσμα των ιστορικών δεδομένων, δεδομένης διάστασης N , σχέση (2.25):

$$\vec{z} = H \cdot \vec{a} + \vec{\nu} \quad (2.25)$$

Όπου H ο πίνακας των ανάστροφων διανυσμάτων των συναρτήσεων $\vec{f}(t)$ για τις διάφορες χρονικές στιγμές διάστασης $N \times n$, \vec{a} το διάνυσμα των συντελεστών του $\vec{f}(t)$, διάστασης n και $\vec{\nu}$ το διάνυσμα των σφαλμάτων διάστασης N .

Η τυχαία μεταβλητή σφάλματος $\nu(t)$ υποτίθεται ότι ακολουθεί την κατανομή Gauss με μηδενική μέση τιμή και τυπική απόκλιση σ_ν .

Έτσι, ακολουθώντας την απόδειξη, σύμφωνα με τη [19], προκύπτουν τα ακόλουθα:

Με χρήση των N ιστορικών δεδομένων του διανύσματος $\hat{\vec{a}}$, όπου $\hat{\vec{a}}$ είναι η εκτίμηση του άγνωστου διανύσματος των συντελεστών \vec{a} , καθώς και τη στατιστική του σφάλματος είναι δυνατή η πρόβλεψη της μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας $L(t)$ για $t > N$.

Η βέλτιστη εκτίμηση της $\hat{L}(t)$ της συνιστώσας $L(t)$ για $t=N+1, N+2, \dots$ δίνεται από τη σχέση (2.26):

$$\hat{L}(t) = \vec{f}^T(t) \cdot \hat{\vec{a}} = \hat{\vec{a}}^T \cdot \vec{f}(t) \quad (2.26)$$

$$M\epsilon \hat{\vec{a}} = G^{-1} H^T R^{-1} \vec{z} \quad (2.27)$$

Η μέση τιμή της συνιστώσας $L(t)$ για $t=N+1, N+2, \dots$ ισούται με (σχέση (2.28)):

$$\bar{L}(t) = E\{\hat{L}(t)\} = E\{\vec{f}^T(t) \cdot \hat{\vec{a}}\} = \vec{f}^T(t) \cdot E\{\hat{\vec{a}}\} = \vec{f}^T(t) \cdot \vec{a} \quad (2.28)$$

Και η διασπορά για $t=N+1, N+2, \dots$ ισούται με (σχέση (2.29)):

$$\sigma_L^2(t) = \vec{f}^T(t) \cdot cov(\hat{\vec{a}}) \cdot \vec{f}(t) \quad (2.29)$$

$$\text{cov}(\hat{\vec{a}}) = \sigma_v^2 \cdot G^{-1} \cdot H^T \cdot R^{-1} \cdot R^{-1} \cdot H \cdot G^{-1} \quad (2.30),$$

Όπου σ_v^2 είναι η διασπορά της τυχαίας μεταβλητής του σφάλματος \vec{v} . Η διασπορά του θορύβου δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων, αλλά αποδεικνύεται ότι η αμερόληπτη εκτίμηση της διασποράς σ_v^2 δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_v^2 = \frac{1}{N-n} \cdot \sum_{i=1}^N r^2(t) \quad (2.31)$$

$$\text{Με } r(t) = L(t) - \vec{f}^T(t) \cdot \hat{\vec{a}} = L(t) - \hat{\vec{a}}^T \cdot \vec{f}(t) \quad (2.32)$$

$$\text{και } G = H^{-1} \cdot R^{-1} \cdot H = G^T \quad (2.33)$$

2.3.4 Προεκβολή μοντέλου φορτίου – καιρού και εκτίμηση μέσης τιμής & τυπικής απόκλισης της εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας φορτίου

Για να γίνει η προεκβολή του μοντέλου φορτίου – καιρού για ένα ορισμένο χρονικό βήμα μελέτης, όπως για μία εβδομάδα, στο μέλλον είναι απαραίτητος ο καθορισμός των μεταβλητών K_w , K_s , T_w , και T_s για το χρονικό αυτό βήμα, τα οποία συνήθως έχουν προκύψει από μελέτη μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος από το βήμα αυτό.

Το πρόβλημα είναι ο υπολογισμός της πυκνότητας κατανομής πιθανότητας της εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας αιχμής S λαμβάνοντας υπόψη τη μη γραμμική σχέση (2.22) και την πυκνότητα κατανομής πιθανότητας της θερμοκρασίας T .

Υπολογίζεται η κανονικοποιημένη θερμοκρασία όπου οι τιμές X_w και X_s αντιστοιχούν στις τιμές T_w και T_s . [19]

$$X_w = \frac{T_w - \bar{T}}{\sigma_T} \quad (2.34)$$

$$X_s = \frac{T_s - \bar{T}}{\sigma_T} \quad (2.35)$$

Όπου \bar{T} η μέση τιμή και σ_T η τυπική απόκλιση της θερμοκρασίας.

Έτσι προκύπτει το αντίστοιχο μοντέλο φορτίου – καιρού με κανονικοποιημένη θερμοκρασία (σχέση (2.36)) και στη συνέχεια υπολογίζεται [19] η πυκνότητα κατανομής πιθανότητας $f_S(s)$ της εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας S σχέση (2.37), όπου στη συνέχεια υπολογίζεται εύκολα η μέση τιμή \bar{S} σχέση (2.38) και η τυπική απόκλιση σ_S σχέση (2.39) μέσω της αντίστοιχης διασποράς.

$$S = \begin{cases} K_s \cdot \sigma_T \cdot (X - X_s), & X > X_s \\ -K_w \cdot \sigma_T \cdot (X - X_w), & X < X_w \\ 0, & X_w \leq X \leq X_s \end{cases} \quad (2.36)$$

$$f_S(S) = \frac{f_X\left(X_w - \frac{s}{K_w \cdot \sigma_T}\right)}{K_w \cdot \sigma_T} + \frac{f_X\left(X_s + \frac{s}{K_s \cdot \sigma_T}\right)}{K_s \cdot \sigma_T}, \text{ για } X > X_s \text{ ή } X < X_w \quad (2.37)$$

$$\bar{S} = \int_0^{\infty} s \cdot f_s(s) \cdot ds \quad (2.38)$$

$$\sigma_s^2 = \int_0^{\infty} (s - \bar{S})^2 \cdot f_s(s) \cdot ds \quad (2.39)$$

2.3.5 Προεκβολή συνολικής αιχμής αντίστοιχου χρονικού βήματος

Με τις μεθοδολογίες που παρουσιάστηκαν υπολογίζεται για το εκάστοτε χρονικό βήμα στο μέλλον t , όπου στην προκειμένη περίπτωση αφορά τη μία εβδομάδα, η μέση τιμή $\bar{S}(t)$, η τυπική απόκλιση $\sigma_s(t)$ και η πυκνότητα κατανομής πιθανότητας $f_s(s, t)$ της εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας αιχμής $S(t)$, καθώς και τα αντίστοιχα μεγέθη $\bar{L}(t)$, $\sigma_l(t)$ και $f_l(l, t)$ της μη εξαρτώμενης από τον καιρό συνιστώσας αιχμής $L(t)$. [19]

Συνεπώς η συνολική αιχμή για την εβδομαδιαία περίπτωση έχει μέση τιμή (σχέση (2.40)):

$$\bar{D}(t) = \bar{S}(t) + \bar{L}(t) \quad (2.40)$$

Η αντίστοιχη διασπορά υπολογίζεται από τη σχέση (2.41)

$$\sigma_D^2(t) = \sigma_s^2(t) + \sigma_l^2(t) \quad (2.41)$$

Η πυκνότητα κατανομής πιθανότητας υπολογίζεται με το θεώρημα συνέλιξης, σχέση (2.42):

$$f_D(d, t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_s(u, t) \cdot f_L(d - u, t) \cdot du = f_s(s, t) * f_L(l, t) \quad (2.42)$$

Για μεγαλύτερα χρονικά βήματα, όπως για ένα έτος, είναι απαραίτητη η χρήση των αθροιστικών συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας προκειμένου να βρεθεί η συνολική μέση τιμή και η αντίστοιχη τυπική απόκλιση για το συγκεκριμένο χρονικό βήμα.

3 Μεσοπρόθεσμος σχεδιασμός εξυπηρέτησης φορτίου

3.1 Οικονομική κατανομή φορτίου σε μηχανές

Η βέλτιστη λειτουργία του συστήματος σε κάθε περίπτωση για κάθε φορτίο αποτελεί το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής φορτίου. Η οικονομική κατανομή φορτίου βασίζεται στην ακριβή πρόβλεψη φορτίων - βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα- στον οικονομικό προγραμματισμό γεννητριών και στην οικονομική φόρτιση μονάδων σε λειτουργία. [20]

3.1.1 Το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής μόνο με θερμικές μονάδες

Το πρόβλημα αφορά την εξυπηρέτηση της ζήτησης με το ελάχιστο δυνατό συνολικό κόστος καυσίμου, που συμβάλλει στην επίτευξη ελάχιστου κόστους παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην ελαχιστοποίηση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η λειτουργική απόδοση των μονάδων, το κόστος του καυσίμου και οι απώλειες του δικτύου μεταφοράς. Η απόδοση των μονάδων μπορεί να ληφθεί υπόψη στους περιορισμούς ανισότητας οι οποίοι καθορίζουν τα όρια φορτίσεως των γεννητριών και οι απώλειες με αντίστοιχους περιορισμούς ισότητας.

Στην ανάλυση της οικονομικής λειτουργίας των μονάδων χρησιμοποιούνται η ωριαία κατανάλωση καυσίμου, το ωριαίο κόστος καυσίμου, η ειδική κατανάλωση θερμότητας w_o , η διαφορική ωριαία κατανάλωση καυσίμου και το διαφορικό κόστος παραγωγής. [20]

Το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής φορτίου στην απλή του μορφή, που σημαίνει χωρίς απώλειες και περιορισμούς ανισότητας, για ένα σύστημα N μονάδων παραγωγής οι οποίες βρίσκονται στον ίδιο σταθμό ή N σταθμών παραγωγής σε μικρή απόσταση ο ένας από τον άλλον ώστε να μπορεί να αγνοηθεί η επίδραση των απωλειών του δικτύου, λύνεται ως εξής:

Έστω ότι το σύστημα τροφοδοτεί φορτίο P . Το πρόβλημα συνίσταται στην τροφοδότηση του φορτίου P με το ελάχιστο κόστος καυσίμου [20].

$$F = \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.1)$$

Με τον περιορισμό ισότητας:

$$\sum_{i=1}^N P_i - P = 0 \quad (3.2)$$

Το συνολικό κόστος καυσίμου (€/h) F_σ και το κόστος καυσίμου του σταθμού i , F_i εκφράζονται σε (€/h). Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί με τη μέθοδο πολλαπλασιαστών Lagrange, με αντικειμενική συνάρτηση:

$$F_\sigma = \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.3. \alpha)$$

Και περιορισμό ισότητας:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N P_i - P = 0 \quad (3.3. \beta)$$

Τότε η συνάρτηση Lagrange είναι:

$$L = F_{\sigma} - \lambda\Phi \quad (3.4)$$

Όπου λ ο πολλαπλασιαστής Lagrange.

Η ελάχιστη τιμή της F_{σ} επιτυγχάνεται όταν η παράγωγος της συναρτήσεως Lagrange ως προς κάθε μεταβλητή P_i μηδενιστεί [20].

$$\frac{dL}{dP_i} = 0 \quad (3.5)$$

Βάση των (3.3), (3.4) η (3.5) γίνεται :

$$\begin{aligned} \frac{dF_{\sigma}}{dP_i} - \lambda \frac{d\Phi}{dP_i} &= 0 \\ \frac{dF_{\sigma}}{dP_i} - \lambda \frac{d}{dP_i} \left[\sum_1^N P_i - P \right] &= 0 \\ \frac{dF_{\sigma}}{dP_i} - \lambda [1 - 0] &= 0 \\ \frac{dF_{\sigma}}{dP_i} &= \lambda \end{aligned} \quad (3.6)$$

Ακόμα,

$$\frac{dF_{\sigma}}{dP_i} = \frac{d \sum_1^N F_i}{dP_i} = \frac{dF_i}{dP_i}$$

Και

$$\frac{dF_i}{dP_i} = \lambda \quad (3.7)$$

Συνεπώς, η συνθήκη ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους του καυσίμου είναι η ισότητα του διαφορικού κόστους όλων των σταθμών του συστήματος [20].

Έστω $F_{\sigma} = F_1 + F_2$ το ωριαίο κόστος καυσίμου των δύο μονάδων και $P_1 + P_2 = P$ ο περιορισμός ισότητας. Τότε, σύμφωνα με την πηγή [20] από την $(F_{\sigma})_{min} \rightarrow \frac{dF_{\sigma}}{dP_i} = 0$ προκύπτει ότι $\frac{dF_1}{dP_1} = \frac{dF_2}{dP_2}$ που σημαίνει ότι η ελαχιστοποίηση της F_{σ} συνεπάγεται ισότητα των διαφορικών κοστών των δύο μονάδων.

Το πρόβλημα της συνεργασίας δύο ατμοηλεκτρικών μονάδων είναι σχετικά απλό. Έστω δύο μονάδες με τις εξής χαρακτηριστικές ωριαίου κόστους:

$$F_1 = A + BP_1 + CP_1^2$$

$$F_2 = D + EP_2 + GP_2^2$$

Με τον περιορισμό ισότητας: $P_1 + P_2 = P$.

Τότε εφαρμόζοντας το κριτήριο του ίσου διαφορικού κόστους (3.7) προκύπτει ότι:

$$B + 2CP_1 = \lambda \quad (3.8)$$

$$E + 2GP_2 = \lambda \quad (3.9)$$

Και σχηματίζεται το ακόλουθο σύστημα των τριών εξισώσεων με τρεις αγνώστους (P_1, P_2, λ) το οποίο επιλύεται, με τη λύση αυτή να είναι δεκτή εφόσον τα P_1, P_2 δεν έχουν περιορισμούς:

$$B + 2CP_1 = \lambda \quad (3.10)$$

$$E + 2GP_2 = \lambda \quad (3.11)$$

$$P_1 + P_2 = P \quad (3.12)$$

Η λύση του προβλήματος για περισσότερες από 2 ή 3 μονάδες αρχίζει και γίνεται πολύπλοκη. Για την επίτευξη λύσεων σε τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ψηφιακές μέθοδοι και προγράμματα υπολογισμού. Οι υπολογισμοί αυτοί μπορεί να γίνονται με περιορισμούς ανισότητας ή και χωρίς, καθώς και λαμβάνοντας υπόψιν απώλειες του συστήματος ή θεωρώντας αμελητέες απώλειες [20].

3.2 Οικονομικό κόστος κατασκευής

3.2.1 Οικονομική θεωρία

Ο τρόπος υπολογισμού της τελικής αξίας ενός αρχικού κεφαλαίου μετά από n έτη και προς επιτόκιο i , με απλό ή σύνθετο τόκο ονομάζεται κατά περίπτωση απλή ή σύνθετη κεφαλαιοποίηση.

Κατά την περίπτωση της απλής κεφαλαιοποίησης η τελική αξία S ενός αρχικού κεφαλαίου P μετά από n έτη προς επιτόκιο i είναι ίση με [21]:

$$S = P(1 + n \cdot i)$$

Για την περίπτωση της σύνθετης κεφαλαιοποίησης, η τελική αξία S ενός αρχικού κεφαλαίου P μετά από n έτη προς επιτόκιο i είναι ίση με:

$$S = P(1 + i)^n \quad (3.13)$$

Η απλή κεφαλαιοποίηση χρησιμοποιείται στις βραχυπρόθεσμες οικονομικές πράξεις, ενώ στις μακροπρόθεσμες οικονομικές πράξεις, όπως δάνεια, χρησιμοποιείται η σύνθετη κεφαλαιοποίηση [21]. Υπάρχουν περιπτώσεις οικονομικών συναλλαγών, στις οποίες προβλέπεται κεφαλαιοποίηση των τόκων m φορές τον ίδιο χρόνο. Τότε το επιτόκιο για κάθε περίοδο καθορίζεται ως κλάσμα $1/m$ του ετήσιου επιτοκίου, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση καλείται ονομαστικό επιτόκιο και συμβολίζεται με j_m . Σε αυτήν την περίπτωση η τελική αξία S ενός αρχικού κεφαλαίου P μετά από n έτη ή mn περιόδους προς επιτόκιο j_m/m προσδιορίζεται από τη σχέση [21]:

$$S = P \cdot \left(1 + \frac{j_m}{m}\right)^{m \cdot n} \quad (3.14)$$

Η ίδια τελική αξία θα προέκυπτε αν η κεφαλαιοποίηση των τόκων γινόταν σε ετήσια βάση, αλλά με επιτόκιο i , το οποίο ονομάζεται πραγματικό ή ετήσιο ισοδύναμο και ισούται με:

$$i = \left(1 + \frac{j_m}{m}\right)^m - 1 \quad (3.15)$$

Από τη σχέση (3.13) προκύπτει η σχέση (3.16) που εκφράζει την αρχή της χρηματοοικονομικής ισοδυναμίας μεταξύ μίας μελλοντικής μετά από n έτη πληρωμής ή ενός μελλοντικού εσόδου S και ενός ποσού P σήμερα, το οποίο λέγεται παρούσα αξία.

$$P = \frac{S}{(1 + i)^n} \quad (3.16)$$

Η τελική αξία αρχικού κεφαλαίου μίας νομισματικής μονάδας με σύνθετη κεφαλαιοποίηση (Compound Amount Factor For A Single Payment ή CAF), προς επιτόκιο i και για χρονική περίοδο n ετών είναι [21]:

$$CAF = (1 + i)^n \quad (3.17)$$

Η παρούσα αξία μίας νομισματικής μονάδας (Present Worth Factor Of A Payment ή RWF), η οποία προεξοφλείται προς επιτόκιο i και n έτη προ της λήξης της είναι [21]:

$$PWF = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (3.18)$$

Οι πληρωμές ή εισπράξεις σε τακτά χρονικά διαστήματα σχηματίζουν μία σειρά πληρωμών η οποία ονομάζεται ράντα. Η ετήσια σταθερή ράντα εκφράζει μία σειρά πληρωμών σταθερού ποσού για ένα

αριθμό ετών. Ανάλογα με το χρόνο πραγματοποίησης των πληρωμών στην αρχή ή στο τέλος του έτους, ονομάζεται προκαταβλητέα ή ληξιπρόθεσμη ράντα, αντίστοιχα [21].

Η τελική αξία της πρώτης πληρωμής R , ετήσιας σταθερής και ληξιπρόθεσμης ράντας, στο τέλος του n -ου έτους είναι:

$$S_1 = R \cdot (1 + i)^{n-1} \quad (3.19)$$

Η τελική αξία της $(n-1)$ πληρωμής στο τέλος του n -ου έτους είναι:

$$S_{n-1} = R \cdot (1 + i) \quad (3.20)$$

Ενώ η τελική αξία της τελευταίας πληρωμής στο τέλος του n -ου έτους είναι:

$$S_n = R \quad (3.21)$$

Έτσι η τελική αξία ετήσιας σταθερής και ληξιπρόθεσμης ράντας S στο τέλος του n -ου έτους είναι ίση με:

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + S_n = R \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (3.22)$$

Με το συντελεστή $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$ να καλείται τελική αξία μοναδιαίας και ληξιπρόθεσμης ράντας.

Χρεωλυτικό ποσό ή χρεωλύσιο μίας νομισματικής μονάδας (Sinking Fund Factor ή SFF) είναι ο αντίστροφος του συντελεστή της τελικής αξίας μοναδιαίας και ληξιπρόθεσμης ράντας.

$$SFF = \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (3.23)$$

Η παρούσα αξία ετήσιας σταθερής και ληξιπρόθεσμης ράντας (Present Worth for a series Of Annual Payments made at the end of they ear) P , εάν R είναι ο όρος της ράντας, δηλαδή το ποσό που καταβάλλεται στο τέλος κάθε χρόνου είναι:

$$P = R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \quad (3.24)$$

Με το συντελεστή $\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$ να καλείται παρούσα αξία μοναδιαίας και ληξιπρόθεσμης ράντας.

Ακολουθεί ο συντελεστής ανακτήσεως κεφαλαίου ή τοκοχρεωλύσιο μίας νομισματικής μονάδας (Capital Recovery Factor ή CRF):

$$CRF = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \left[i + \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3.25)$$

Ο συντελεστής αυτός (CRF) είναι ο αντίστροφος του συντελεστή παρούσης αξίας ράντας μοναδιαίας και ληξιπρόθεσμης.

Οι τέσσερις μέθοδοι εξόφλησης/απόσβεσης δανείων είναι [21]:

- Εφάπαξ εξόφληση δανείου με απλό τόκο
- Εφάπαξ εξόφληση δανείου με ανατοκισμό
- Βαθμιαία εξόφληση με ισόποσα χρεωλύσια
- Βαθμιαία εξόφληση με ίσα τοκοχρεωλύσια

3.2.2 Αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων

Για την αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων είναι απαραίτητη η εκτίμηση των Καθαρών Ταμειακών Ροών (ΚΤΡ). Οι καθαρές ταμειακές ροές υπολογίζονται από τον τύπο [21]:

$$KTP = (E - \Lambda\Delta - A) \cdot (1 - \Phi\Sigma) + A \quad (3.26)$$

Όπου:

E : τα έσοδα από τις πωλήσεις

$\Lambda\Delta$: οι λειτουργικές δαπάνες

A: οι προβλεπόμενες αποσβέσεις για την επένδυση

$\Phi\Sigma$: ο φορολογικός συντελεστής για τον υπολογισμό του φόρου εισοδήματος

Στην περίπτωση ύπαρξης και δανειακών κεφαλαίων / τόκων (T) η σχέση υπολογισμού των καθαρών ταμειακών ροών τροποποιείται ως εξής:

$$KTP = (E - \Delta - A - T) \cdot (1 - \Phi\Sigma) + A + T \quad (3.27)$$

Για την αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων υπάρχουν δύο κατηγορίες κριτηρίων, οι οποίες διαχωρίζονται ανάλογα από το αν λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος ή όχι. Στην περίπτωση που λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος εξετάζονται τα ορθολογικά κριτήρια, ενώ, όταν δεν λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος, εξετάζονται τα ατελή κριτήρια. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας θα μελετηθούν τα ορθολογικά κριτήρια, γι' αυτό το λόγο θα παρουσιαστούν μόνο ορθολογικά κριτήρια στο συγκεκριμένο σημείο.

Τα ορθολογικά κριτήρια που παρουσιάζονται είναι τα εξής:

- Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας
- Το κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης της Επένδυσης
- Το κριτήριο Οφέλους – Κόστους
- Το κριτήριο Παρούσας Αξίας Συνολικού Κόστους και Ισοδυνάμου Ετησίου Κόστους

Αρχικά εξετάζεται το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) ή αλλιώς NetPresentValue (NPV). Η καθαρή παρούσα αξία μίας επένδυσης στη χρονική στιγμή έναρξης της εμπορικής της λειτουργίας ορίζεται από τη σχέση που ακολουθεί [21].

$$ΚΠΑ = -K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+k)^t} \quad (3.28)$$

Όπου:

K_0 : το κόστος της επένδυσης,

KTP_t : οι καθαρές ταμειακές ροές του έτους t εκφρασμένες σε τιμές συγκεκριμένης περιόδου, δηλαδή χωρίς πληθωρισμό,

k: η ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση των κεφαλαίων που επενδύονται, χωρίς πληθωρισμό και σε περιβάλλον χωρίς κίνδυνο,

n: η διάρκεια ζωής της επένδυσης.

Έτσι η αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου εξαρτάται από την τιμή της ΚΠΑ.

- Εάν ΚΠΑ > 0, μπορεί να επιτευχθεί το επενδυτικό σχέδιο.
- Εάν ΚΠΑ < 0, το επενδυτικό σχέδιο είναι ασύμφορο.
- Εάν ΚΠΑ = 0, υπάρχει αδιαφορία του επενδυτή ως προς την αποδοχή ή απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου.

Ένα ακόμα κριτήριο αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων είναι το κριτήριο του εσωτερικού βαθμού απόδοσης ή ΕΒΑ (InternalRateofReturnήIRR). Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μίας επένδυσης ορίζεται ως το επιτόκιο αναγωγής $k = EBA$, το οποίο μηδενίζει την ΚΠΑ και προσδιορίζεται από την σχέση [21]:

$$-K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+EBA)^t} = 0 \quad (3.29)$$

Σύμφωνα με το κριτήριο Οφέλους – Κόστους (Benefit – Cost Ratio) το επενδυτικό σχέδιο προκρίνεται όταν οι ωφέλειες από την επένδυση είναι μεγαλύτερες από το κόστος ή όταν ο λόγος της παρούσας αξίας των καθαρών ταμειακών ροών προς το κόστος της επένδυσης είναι μεγαλύτερο του 1.

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+k)^t}}{K_0} > 1 \quad (3.30)$$

Τελευταίο είναι το κριτήριο Παρούσας Αξίας Συνολικού Κόστους και Ισοδύναμου Ετησίου Κόστους. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, στην περίπτωση αξιολόγησης δύο αμοιβαία αποκλειόμενων επενδύσεων, οι οποίες όμως δίνουν τα ίδια έσοδα κατ' έτος, η εφαρμογή του κριτηρίου της ΚΠΑ οδηγεί στην επιλογή της επένδυσης με τη μικρότερη παρούσα αξία συνολικού κόστους [21]. Η αξία αυτή, όταν δεν λάβουμε υπόψη τη φορολογία υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Παρούσα Αξία Συνολικού Κόστους} = K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\Lambda\Delta_t}{(1+k)^t} \quad (3.31)$$

Όπου:

K_0 : το κόστος της επένδυσης,

$\Lambda\Delta_t$: οι δαπάνες λειτουργίας του έτους t .

Η παρούσα αξία του συνολικού κόστους μπορεί να εκφραστεί από μία οικονομικά ισοδύναμη ετήσια, σταθερή ράντα. Κατά αυτό τον τρόπο, η σύγκριση μεταξύ παρούσας αξίας συνολικού κόστους καταλήγει σε σύγκριση ετήσιου κόστους, οικονομικά ισοδύναμου [21].

$$\text{ισοδύναμοετήσιοκόστος} = \frac{k \cdot (1+k)^n}{(1+k)^n - 1} \left[K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\Lambda\Delta_t}{(1+k)^t} \right] \quad (3.32)$$

3.3 Υπολογισμός φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Στην παρούσα μελέτη ο φωτοβολταϊκός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι συνδεδεμένος με το δημόσιο δίκτυο (ΔΕΗ). Ακολουθεί η μελέτη υπολογισμού μικρού αυτόνομου φωτοβολταϊκού (Φ/Β) σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, απομονωμένου από το δημόσιο δίκτυο (ΔΕΗ) με δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας, όπου, σύμφωνα με την πηγή [22], θα πρέπει να ακολουθηθεί ένα σύνολο ενεργειών.

1. Αρχικά καθορίζονται τα δεδομένα και τα κύρια χαρακτηριστικά του Φ/Β συστήματος.
2. Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών που πρέπει να ικανοποιεί το σύστημα. Αυτές εξαρτώνται από τις προβλεπόμενες χρήσεις και ανάγκες κατανάλωσης.
3. Ορίζεται η περίοδος λειτουργίας του συστήματος και η βέλτιστη κλίση των συλλεκτών. Ο σχεδιασμός ενός αξιόπιστου Φ/Β συστήματος γίνεται με βάση τη χρονική περίοδο για την οποία προβλέπεται ότι θα λειτουργεί, διασφαλίζοντας τη μικρότερη δυνατή πιθανότητα υπολειτουργίας του συστήματος και συγχρόνως την καλύτερη τεχνικοοικονομική επιλογή. Έπειτα, η κλίση των Φ/Β πλαισίων σε σχέση με την οριζόντια επιφάνεια του εδάφους επιλέγεται ώστε η λαμβανόμενη ενέργεια να μεγιστοποιείται στην περίοδο χρήσης της εγκατάστασης.
4. Εκτιμάται το ηλιακό δυναμικό.
5. Καθορισμός του συνολικού συντελεστή απόδοσης των πλαισίων ενός Φ/Β πεδίου. Η ισχύς αιχμής ενός Φ/Β πλαισίου P_a είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να αποδοθεί από το πλαίσιο κάτω από πρότυπες εργαστηριακές συνθήκες δοκιμών (STC). Είναι το σημαντικότερο ηλεκτρικό χαρακτηριστικό ενός Φ/Β πλαισίου και βάσει αυτού

γίνεται συνήθως η αναζήτηση και η επιλογή από την αγορά, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες της Φ/Β γεννήτριας. Προκειμένου να υπολογιστεί αξιόπιστα η ισχύς αιχμής που απαιτείται να εγκατασταθεί στο Φ/Β πεδίο, πρέπει πρώτα να καθοριστούν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργική απόδοση των πλαισίων και προσδιορίζουν την παρεχόμενη ισχύ εξόδου του Φ/Β πεδίου. Οι συντελεστές αυτοί, οι οποίοι είναι αδιάστατα μεγέθη, μικρότερα της μονάδας είναι οι εξής: ο συντελεστής θερμοκρασιακής διόρθωσης (σ_θ), ο συντελεστής ρύπανσης (σ_ρ), ο συντελεστής γήρανσης (σ_γ), ο συντελεστής απωλειών διόδου (σ_δ), ο συντελεστής ανομοιογένειας (σ_α) και ο συντελεστής καλωδιώσεων (σ_κ). Οι συνολικές απώλειες του Φ/Β πεδίου ($\sigma_{\Sigma\Phi\eta}$) υπολογίζονται από το γινόμενο όλων των συντελεστών απωλειών [22]:

$$\sigma_{\Sigma\Phi\eta} = \sigma_\theta \cdot \sigma_\rho \cdot \sigma_\gamma \cdot \sigma_\delta \cdot \sigma_\alpha \cdot \sigma_\kappa \quad (3.33)$$

6. Οι απώλειες των ηλεκτρικών συστημάτων της Φ/Β εγκατάστασης.

Αρχικά υπολογίζεται ο συντελεστής απωλειών μεταφοράς ενέργειας $\sigma_{ΜΗΕ}$ και στη συνέχεια ο συντελεστής προσαύξησης ημερήσιων αναγκών ενέργειας $\sigma_{ΥΜ}$. Ο συντελεστής απωλειών μεταφοράς ενέργειας αφορά τις ηλεκτρικές απώλειες της εγκατάστασης. Ο συντελεστής αυτός προσδιορίζεται από τον ακόλουθο πίνακα, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της Φ/Β εγκατάστασης.

Table 3 Ο καθορισμός του συνολικού συντελεστή απωλειών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, $\sigma_{ΜΗΕ}$, σε διάφορες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις αυτόνομες (ΑΦΒ) και μη (Φ/Β) [22].

ΑΦΣ με αποθήκευση σε συσσωρευτές, που περιλαμβάνουν:	
<ul style="list-style-type: none"> Μετατροπέα τάσεως DC-DC (converter) Αναστροφέα τάσεως DC-AC (inverter) 	$\sigma_{ΜΗΕ} = 0,75-0,80$
<ul style="list-style-type: none"> Αναστροφέα τάσεως DC-AC (inverter) 	$\sigma_{ΜΗΕ} = 0,85-0,90$
<ul style="list-style-type: none"> Χωρίς αναστροφέα τάσεως (μόνο καταναλώσεις DC) 	$\sigma_{ΜΗΕ} = 0,92$
ΦΒ συστήματα χωρίς αποθήκευση σε συσσωρευτές, που περιλαμβάνουν:	
<ul style="list-style-type: none"> Μετατροπέα τάσεως DC-DC (converter) Αναστροφέα τάσεως DC-AC (inverter) 	$\sigma_{ΜΗΕ} = 0,85-0,90$
<ul style="list-style-type: none"> Αναστροφέα τάσεως DC-AC (inverter) 	$\sigma_{ΜΗΕ} = 0,96-0,98$
<ul style="list-style-type: none"> Χωρίς αναστροφέα τάσεως (μόνο καταναλώσεις DC) 	$\sigma_{ΜΗΕ} = 0,99$

Ο συντελεστής προσαύξησης ημερήσιων αναγκών ενέργειας είναι ένας συντελεστής διόρθωσης σφάλματος, ο οποίος μπορεί να αποδοθεί σε πιθανές εσφαλμένες εκτιμήσεις των αρχικών δεδομένων ή των λοιπών παραμέτρων του όλου προβλήματος. Τα περιθώρια των πιθανών σφαλμάτων συνήθως κυμαίνονται από 15% έως 25%.

7. Υπολογισμός της ισχύος αιχμής του Φ/Β πεδίου που απαιτείται να εγκατασταθεί προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του προβλήματος.

Η απαιτούμενη ισχύς αιχμής της Φ/Β εγκατάστασης η οποία θα καλύπτει τις ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες υπολογίζεται με τη χρήση των συντελεστών απωλειών του συστήματος, σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο [22]:

$$P_{\alpha}[W_p] = \sigma_{YM} \cdot \frac{E_T \left[\frac{Wh}{d} \right] \cdot P_{STC} \left[\frac{kW}{m^2} \right]}{\Pi \left[\frac{kWh}{m^2} \cdot d \right] \cdot \sigma_{\Sigma\Lambda\Phi\Pi} \cdot \sigma_{MHE}} \cdot \frac{N}{N-n} \quad (3.34)$$

Όπου:

P_{α} : η απαιτούμενη ισχύς αιχμής της Φ/Β εγκατάστασης,

E_T : η απαιτούμενη συνολική ημερήσια ενέργεια,

Π : η διαθέσιμη ηλιακή πυκνότητα ενέργειας στην περιοχή ανά ημέρα του «δυσμενέστερου μήνα»,

P_{STC} : η πυκνότητα ισχύος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε πρότυπες συνθήκες, STC, $P_{STC} = 1 \text{ kW/m}^2$,

$\sigma_{\Sigma\Lambda\Phi\Pi}$: το γινόμενο των συντελεστών απωλειών της Φ/Β γεννήτριας,

σ_{YM} : ο συντελεστής υπερεκτίμησης μελέτης (επαναπροσδιορισμός ενεργειακών καταναλώσεων για να καλυφθεί μία πιθανή υποεκτίμηση των πραγματικών αναγκών της κατανάλωσης),

n : οι προβλεπόμενες ημέρες αυτοδυναμίας του συστήματος σε δεδομένη περίοδο λειτουργίας. Εισάγεται μόνο σε συστήματα που προβλέπουν και αποθήκευση,

N : η περίοδος λειτουργίας στην οποία καθορίζονται οι ημέρες αυτοδυναμίας του συστήματος. Εισάγεται μόνο για συστήματα με αποθήκευση. Συνήθως επιλέγεται από τα μετεωρολογικά δεδομένα που αναλογούν στο «δυσμενέστερο μήνα ηλιακού δυναμικού».

Διευκρινίζεται ότι για όλες τις περιπτώσεις των Φ/Β εγκαταστάσεων που δεν προβλέπουν αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές, ο όρος $N/(N-n)$ της παραπάνω εξίσωσης δεν χρησιμοποιείται.

8. Η επιλογή του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Τα κριτήρια για την επιλογή του πλαισίου της Φ/Β εγκατάστασης είναι ποικίλα, με μερικά από αυτά να αφορούν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (τα αποδιδόμενα W_p , το εμβαδόν, τα W_p ανά μοναδιαίο εμβαδόν, την τάση ανοικτοκύκλωσης, το ρεύμα βραχυκύκλωσης), τα οικονομοτεχνικά (κόστος πλαισίου, λειτουργική αξιοπιστία, γήρανση κατά τη λειτουργία, υλικό κατασκευής και τυχόν περιορισμοί κατά την ανακύκλωσή του, αξιοπιστία του κατασκευαστή) και η συμβατότητα με το διαχειριστή του συστήματος (αναστροφέα για τα διασυνδεδεμένα συστήματα ή το ρυθμιστή φόρτισης των συσσωρευτών για τα ΑΦΣ).
9. Ο καθορισμός του συνολικού (θεωρητικού) αριθμού πλαισίων. Γνωρίζοντας την παρεχόμενη ονομαστική ισχύ του ενός πλαισίου $P_{\text{ΠΛΑΙΣΙΟΥ}}$ σε συνθήκες STC, μπορεί να προσδιοριστεί ο συνολικός θεωρητικά προβλεπόμενος αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων $N_{\text{ΠΛΑΙΣΙΩΝ-}\theta}$ που πρέπει να χρησιμοποιηθούν [22]:

$$N_{\text{ΠΛΑΙΣΙΩΝ-}\theta} = \frac{P_{\alpha}}{P_{\text{ΠΛΑΙΣΙΟΥ}}} \quad (3.35)$$

Όπου:

$N_{\text{ΠΛΑΙΣΙΩΝ-}\theta}$: ο ελάχιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων που απαιτείται θεωρητικά για να αποδοθεί η προβλεπόμενη ισχύς αιχμής από το πεδίο,

$P_{\alpha}[W_p]$: η προβλεπόμενη συνολική ισχύς αιχμής της Φ/Β εγκατάστασης,

$P_{\text{ΠΛΑΙΣΙΟΥ}}[W_p]$: η ισχύς (STC) του ενός πλαισίου.

10. Προσδιορισμός της τάσεως στην έξοδο του Φ/Β πεδίου, όπου αρχικά προσδιορίζεται η ονομαστική τάση λειτουργίας του Φ/Β πεδίου, $V_{NOM(DC)}$ και στη συνέχεια επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης των συσσωρευτών. Η τιμή της τάσεως λειτουργίας του πλαισίου προσδιορίζεται από το μήκος της συστοιχίας των πλαισίων, δηλαδή τον αριθμό των πλαισίων που συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά και δημιουργούν τη συστοιχία. Η ονομαστική τάση DC της Φ/Β εγκατάστασης προκαθορίζεται από την τάση εισόδου της επόμενης διάταξης του κυκλώματος, δηλαδή κατά σειρά από τους ρυθμιστές φορτίου και τους συσσωρευτές, το μετατροπέα τάσεως DC-DC (converter) και τον αναστροφέα DC-AC (inverter). Για τον προσδιορισμό της ονομαστικής τάσεως λειτουργίας στην έξοδο ενός Φ/Β πεδίου ελέγχονται οι περιπτώσεις του πίνακα 3.2 [22].

Table 4 Καθορισμός ονομαστικής τάσεως στην έξοδο ενός Φ/Β πεδίου, ανάλογα με τον τύπο της διάταξης και τις ηλεκτρονικές διατάξεις που περιλαμβάνονται [22].

Φ/Β σύστημα με μεικτή συνδεσμολογία συσσωρευτών (σειρά-παράλληλα). Ονομαστική τάση του συστήματος συσσωρευτών = V_B	
Χρήση: ρυθμιστών φορτίου-συσσωρευτών	$V_{NOM(DC)} \geq 1,2 V_B$
Χρήση: ρυθμιστών φορτίου-συσσωρευτών και αναστροφέα τάσεως DC-AC (inverter)	$V_{NOM(DC)} \geq 1,2 V_B$
Χρήση: ρυθμιστών φορτίου-συσσωρευτών και μετατροπέα τάσεως DC-DC (converter) με τάση εισόδου του converter V_{CONV}	$V_{NOM(DC)} = V_{CONV}$
Διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα ή αυτόνομα χωρίς αποθήκευση σε συσσωρευτές	
Χρήση: αναστροφέα τάσεως DC-AC (inverter) με τάση εισόδου του inverter V_{INV}	$V_{NOM(DC)} = V_{INV}$
Χρήση: μετατροπέα τάσεως DC-DC (converter) με τάση εισόδου του converter V_{CONV}	$V_{NOM(DC)} = V_{CONV}$

Σε κάθε περίπτωση πρέπει πρώτα να ελέγχεται η τάση $V_{NOM(DC)}$, ώστε να μην ξεπερνάει τα επιτρεπτά όρια λειτουργίας της επόμενης ηλεκτρονικής διάταξης. Στα συστήματα που περιλαμβάνουν συσσωρευτές το βασικό ρόλο για τον καθορισμό του $V_{NOM(DC)}$ παίζει η τάση εισόδου του ρυθμιστή φόρτισης των συσσωρευτών, ο οποίος παρεμβάλλεται αμέσως μετά το φωτοβολταϊκό πεδίο. Συνήθως η τιμή της ονομαστικής τάσεως $V_{NOM(DC)}$ εξαρτάται και από την προβλεπόμενη ισχύ του συστήματος. Ακολουθεί ο πίνακας με τις ενδεικτικές τιμές της ονομαστικής τάσεως εξόδου (DC) ενός Φ/Β πεδίου, για τα διασυνδεδεμένα συστήματα (χωρίς αποθήκευση) [22].

Table 5 Ενδεικτικές τιμές της ονομαστικής τάσεως εξόδου (DC) ενός Φ/Β πεδίου, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος. Οι τιμές αναφέρονται σε διασυνδεδεμένα συστήματα χωρίς αποθήκευση [22].

Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β πεδίου	Ονομαστική τάση εξόδου DC
Φ/Β σύστημα έως $3kW_p$	$V_{NOM(DC)}$: 100 – 200 V
Φ/Β σύστημα έως $15kW_p$	$V_{NOM(DC)}$: 200 – 400 V
Φ/Β σύστημα μεγαλύτερο των $15kW_p$	$V_{NOM(DC)}$: 400 – 700 V (ή /και 1000V)

Για την περίπτωση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος (ΑΦΒ) προκειμένου να καθοριστεί η ονομαστική τάση λειτουργίας στην έξοδο του Φ/Β πεδίου θα πρέπει να προεπιλεγεί ο ακριβής τύπος του ρυθμιστή φόρτισης των συσσωρευτών.

Στη συνέχεια, στην περίπτωση ενός ΑΦΒ συστήματος, επιλέγεται ο ρυθμιστής φόρτισης συσσωρευτών και από τα τεχνικά του χαρακτηριστικά προσδιορίζεται το σύστημα των ηλεκτρικά συνδεδεμένων συσσωρευτών. Τέλος, εξετάζεται αν το μέγιστο ρεύμα εξόδου του πλαισίου, που συμπίπτει με το ρεύμα μίας βραχυκυκλωμένης συστοιχίας πλαισίων είναι μικρότερο της μέγιστης επιτρεπόμενης εντάσεως στην είσοδο του ρυθμιστή. Διαφορετικά θα υπήρχε πρόβλημα συμβατότητας μεταξύ του πλαισίου που επιλέχθηκε και του συγκεκριμένου ρυθμιστή.

11. Ακολούθως προσδιορίζεται η συνδεσμολογία των πλαισίων, ο αριθμός των όμοιων συνδεόμενων πλαισίων σε σειρά ανά συστοιχία και ο αριθμός των παράλληλων συστοιχιών στο Φ/Β πεδίο. Σε κάθε Φ/Β εγκατάσταση ο συνολικός αριθμός πλαισίων που συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά προκύπτει από τον ακέραιο αριθμό που είναι μεγαλύτερος (ή/και πλησιέστερος) του λόγου μεταξύ της ονομαστικής τάσεως της εγκατάστασης $V_{NOM(DC)}$ (επιλέγεται) και της τάσεως παροχής μέγιστης ισχύος, V_{MP} , του ενός πλαισίου (βάσει του κατασκευαστή) [22].

$$N_S = \frac{V_{NOM(DC)}}{V_{MP}} \quad (3.36)$$

Όπου,

N_S : ο αριθμός των πλαισίων σε σειρά, που σχηματίζουν μία συστοιχία,

$V_{NOM(DC)}$: η επιλεγόμενη ονομαστική τάση λειτουργίας στην έξοδο του Φ/Β πεδίου,

V_{MP} : η τάση παροχής μέγιστης ισχύος του ενός πλαισίου.

Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει έλεγχος ότι το γινόμενο μεταξύ του πλήθους των πλαισίων μίας συστοιχίας, N_S , πολλαπλασιαζόμενο επί την τάση ανοικτοκύκλωσης του ΦΒ πλαισίου, V_{OC} , προκύπτει μικρότερο της μέγιστης επιτρεπτής τάσης εισόδου της επόμενης ηλεκτρονικής διάταξης, $V_{NEXTINPUT}$.

Το πλήθος των παράλληλων συστοιχιών του Φ/Β πεδίου μπορεί να προσδιοριστεί όταν έχει ήδη καθοριστεί το μήκος της συστοιχίας. Τότε, ο συνολικός αριθμός των παράλληλων συστοιχιών του Φ/Β πεδίου προσδιορίζεται από τον ακέραιο αριθμό που είναι μεγαλύτερος του λόγου μεταξύ του συνολικού (θεωρητικού) αριθμού πλαισίων, $N_{ΠΛΑΙΣΙΩΝ_Θ}$, προς τον αριθμό των πλαισίων που συνδέονται σε σειρά, N_S , σχηματίζοντας μία από τις (πολλές όμοιες) συστοιχίες [22].

$$N_P = \frac{N_{ΠΛΑΙΣΙΩΝ_Θ}}{N_S} \quad (3.37)$$

Όπου,

N_P : ο αριθμός των παράλληλων συστοιχιών σε όλο το Φ/Β πεδίο,

$N_{ΠΛΑΙΣΙΩΝ_Θ}$: ο συνολικός θεωρητικός αριθμός πλαισίων του Φ/Β πεδίου,

N_S : ο αριθμός των πλαισίων σε σειρά, που σχηματίζουν μία συστοιχία.

12. Τέλος, για τα ΑΦΣ υπολογίζεται το σύστημα των συσσωρευτών. Επιλέγεται ο τύπος και τα βασικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών που θα χρησιμοποιηθούν, όπως επίσης

και το μέγιστο επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης, DOD, κατά τη λειτουργία του συστήματος. Η επιλεγόμενη τιμή για το βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών καθορίζει και την αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους. Με τα βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κάθε συστήματος συσσωρευτών να είναι η ονομαστική τάση (V_B) και η ονομαστική χωρητικότητα (C).

13. Στη συνέχεια γίνεται υπολογισμός των ηλεκτρονικών διατάξεων και συγκεκριμένα του ρυθμιστή φόρτισης και του αναστροφέα τάσεως DC-AC. Αρχικά γίνεται έλεγχος της καταλληλότητας του συνδυασμού επιλογής πλαισίων-ρυθμιστή και προσδιορίζεται η συνδεσμολογία του Φ/Β πεδίου προς τους ρυθμιστές. Στη συνέχεια επιλέγεται ο αναστροφέας τάσεως.
14. Στο τέλος γίνεται η χωροθέτηση των πλαισίων.

4 Βέλτιστος σχεδιασμός εξυπηρέτησης φορτίου

4.1 Εισαγωγή

Ένα συμβατικό ενεργειακό σύστημα βασίζει την παραγωγή ενέργειας σε μονάδες εγγυημένης και ελεγχόμενης παραγωγής. Οι μονάδες αυτές είναι τέτοιες ώστε η τροφοδοσία της αρχικής προς μορφοτροπή ενέργειας να μπορεί να ελεγχθεί και να προβλεφθεί. Ενώ, μορφοτροπείς μη εγγυημένης παραγωγής είναι εκείνοι στους οποίους η μορφοτροπή ενέργειας δεν είναι δυνατό να ελεγχθεί κατά βούληση από το χρήστη. Σε αυτές τις περιπτώσεις η μορφοτροπή ενέργειας συνήθως καθορίζεται από τη διαθεσιμότητα της αρχικής μορφής ενέργειας, η οποία είναι τυχαία και δεν μπορεί να ελεγχθεί, έτσι η μορφοτροπή της χαρακτηρίζεται ως τυχαία και μη ελεγχόμενη.

Ο ρόλος των μονάδων μη εγγυημένης παραγωγής σε ένα ΣΗΕ καθορίζεται και διαμορφώνεται από τα βασικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία είναι [23]:

- Είναι ανανεώσιμες και περιβαλλοντικά φιλικές, καθώς δεν εκπέμπονται αέριοι ρύποι κατά τη λειτουργία τους.
- Το δυναμικό ΑΠΕ είναι διαθέσιμο στην περιοχή εγκατάστασης των αντίστοιχων έργων, συνεπώς αξιοποιούνται γηγενείς ενεργειακοί πόροι και μειώνονται οι εκροές συναλλάγματος για εισαγωγή ενεργειακών πόρων.
- Χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα στη διαθεσιμότητα της ενεργειακής πηγής και από αδυναμία ελέγχου της παραγωγής κατά βούληση.

Η σειρά ένταξης των θερμοηλεκτρικών μονάδων στην παραγωγή καθορίζεται από [23]:

- την ασφάλεια του συστήματος και την εξασφάλιση της διαρκούς και αδιάλειπτης ικανοποίησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας
- την οικονομική λειτουργία του συστήματος, μέσω της ελαχιστοποίησης του ειδικού κόστους παραγωγής.

Ένας υβριδικός σταθμός αποσκοπεί να μεγιστοποιήσει τη συμμετοχή μονάδων μη εγγυημένης παραγωγής, ουσιαστικά μονάδων ΑΠΕ, στην κάλυψη μίας συγκεκριμένης ζήτησης ισχύος. Σε ένα συμβατικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ), οι μονάδες μη εγγυημένης ισχύος συμμετέχουν στην παραγωγή ισχύος έως ένα μέγιστο ποσοστό, το οποίο υπαγορεύεται από τους περιορισμούς ασφάλειας και ευστάθειας της λειτουργίας του συστήματος και διαμορφώνεται βάσει διαφόρων παραμέτρων, όπως το μέγεθος του συστήματος οι καιρικές συνθήκες, η ποσότητα και το είδος διατήρησης στρεφόμενης εφεδρείας [23]. Όσο υψηλή στιγμιαία διείδυση μονάδων μη εγγυημένης ισχύος και αν επιτευχθεί σε ένα συμβατικό ΣΗΕ, ο ρόλος τους παραμένει συμπληρωματικός ως προς τις μονάδες εγγυημένης ισχύος, οι οποίες παραμένουν οι βασικές μονάδες, στις οποίες βασίζεται η παραγωγή ισχύος.

Ένας υβριδικός σταθμός αποτελείται από τις ακόλουθες βασικές και διακριτές συνιστώσες [23]:

- τις μονάδες βάσης, οι οποίες είναι μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής, πρακτικά μονάδες ΑΠΕ. Οι μονάδες βάσης αποτελούν τις κύριες μονάδες παραγωγής του συστήματος. Στην περίπτωση ενός ΣΗΕ αυτές μπορεί να είναι αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκοί σταθμοί.
- Τις μονάδες αποθήκευσης, που σκοπό έχουν την προσαρμογή της τυχαίας παραγωγής ισχύος από τις μονάδες βάσης στη ζήτηση ισχύος.
- Τις μονάδες εφεδρείας, που σκοπό έχουν την κάλυψη της ζήτησης ισχύος σε περίπτωση χαμηλής διαθεσιμότητας ισχύος από τις μονάδες βάσης και εξάντλησης των αποθεμάτων ενέργειας στις μονάδες αποθήκευσης. Στην περίπτωση ενός ΣΗΕ, μονάδες εφεδρείας μπορεί να είναι κοινές θερμοηλεκτρικές μονάδες, κυρίως ντιζελογεννήτριες.

Οι υβριδικοί σταθμοί διακρίνονται βάση του μεγέθους τους σε μικρού και μεγάλου μεγέθους, με μία ακόμα μεταβατική περιοχή ανάμεσα στις δύο περιοχές. Οι υβριδικοί σταθμοί μικρού μεγέθους αποσκοπούν στη συμβολή παραγωγής ή στη συνολική κάλυψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στα οποία η ζήτηση ισχύος δεν ξεπερνά το 1MW. Ένας υβριδικός σταθμός μεγάλου μεγέθους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα με σκοπό τη διαρκή κάλυψη της ζήτησης ισχύος σε όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου αποσκοπώντας στην 100% ετήσια κάλυψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο ΣΗΕ ή την κάλυψη της ζήτησης ισχύος κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα εντός του εικοσιτετραώρου, τα οποία περιέχουν συνήθως τις αιχμές ζήτησης ισχύος [23].

Σε μεγάλα ΣΗΕ ένας υβριδικός σταθμός συνήθως δεν είναι δυνατό να λειτουργήσει με σκοπό την 100% κάλυψη της ζήτησης ισχύος, καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε πολύ υψηλή ονομαστική ισχύ και αντίστοιχα μεγάλες εγκαταστάσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι υβριδικοί σταθμοί εισάγονται σε μέγεθος εύλογα και συνήθως μικρότερα από την αιχμή ζήτησης ισχύος για το εκάστοτε ΣΗΕ, με σκοπό την περιορισμένη χρονικά λειτουργία τους κατά τα ημερήσια χρονικά διαστήματα εμφάνισης αιχμών ζήτησης ισχύος [23].

4.2 Σταθμοί παραγωγής

Το διασυνδεδεμένο δίκτυο τροφοδοτείται κυρίως από τους θερμικούς σταθμούς και τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής, με μικρή συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στους θερμικούς σταθμούς η θερμότητα μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η πρωτογενής ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω κατάλληλων μηχανισμών [24].

4.2.1 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί

Στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από την καύση ορυκτών καυσίμων, τη γεωθερμία και τη βιομάζα. Οι σταθμοί αυτοί χωρίζονται σε ατμοηλεκτρικούς, αεριοστροβιλικούς, ντιζελοηλεκτρικούς σταθμούς και σταθμούς συνδυασμένου κύκλου.

Ένας ατμοηλεκτρικός σταθμός (ΑΗΣ) αποτελείται από μία ή περισσότερες μονάδες που εργάζονται παράλληλα. Κάθε μονάδα συνήθως έχει ξεχωριστό λέβητα, στρόβιλο, γεννήτρια, πύργο ψύξης, καμινάδα και ηλεκτρικό σύστημα μέχρι το δίκτυο. Κοινές είναι μόνο οι εγκαταστάσεις μεταφοράς καυσίμου και μερικές φορές η καμινάδα. Ο βαθμός απόδοσης των ατμοηλεκτρικών σταθμών είναι σχετικά μεγάλος για θερμικά εργοστάσια (30-45%). Τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στους ΑΗΣ είναι λιθάνθρακες, λιγνίτες, τύρφες, μαζούτ και φυσικό αέριο. Στην Ελλάδα οι λιγνιτικοί ΑΗΣ λόγω του σχετικά μεγάλου βαθμού απόδοσης και του φθηνού καυσίμου έχουν μικρό λειτουργικό κόστος ανά παραγόμενη kWh, αργή εκκίνηση μέσω πολύπλοκης διαδικασίας και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ως σταθμοί βάσης, χρειάζεται όμως ιδιαίτερη μέριμνα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις [24]. Σήμερα λόγω της επιβολής προστίμου εκπομπών CO₂ αυξάνεται σημαντικά το λειτουργικό τους κόστος σε σημείο που οι μονάδες αυτές γίνονται μη ανταγωνιστικές.

Ένας αεριοστροβιλικός σταθμός αποτελείται από μία ή περισσότερες μονάδες, όπου κάθε αεριοστροβιλική μονάδα αποτελείται από τέσσερα μέρη, το συμπιεστή, το θάλαμο καύσης, τον αεριοστρόβιλο και τη γεννήτρια. Οι αεριοστροβιλικές μονάδες έχουν μικρό βαθμό απόδοσης (25-35%) και υψηλό κόστος καυσίμου (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο), πολύ μεγάλο ειδικό κόστος λειτουργίας και γρήγορη εκκίνηση. Αυτά έχουν ως συνέπεια τη χρήση των αεριοστροβιλικών μονάδων ως μονάδων αιχμής για την κάλυψη των αιχμών φορτίου [24].

Οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου προσπαθούν να περιορίσουν τα μειονεκτήματα των αεριοστροβλικών και ατμοηλεκτρικών μονάδων, που είναι τα βασικότερα είδη θερμικών σταθμών. Τα προβλήματα αυτά αφορούν το χαμηλό βαθμό απόδοσης των αεριοστροβλικών και του αργού ρυθμού απόκρισης των ατμοηλεκτρικών μονάδων. Η βασική δομή των σταθμών συνδυασμένου κύκλου αποτελείται από μία ή περισσότερες μονάδες αεριοστροβίλων στην πρώτη βαθμίδα, όπου τα καυσαέρια τους θερμοκρασίας 300-600°C διοχετεύονται στους αντίστοιχους λέβητες ανακομιδής θερμότητας/ λέβητες καυσαερίων. Από το λέβητα παράγεται ατμός που κινεί τον ατμοστρόβιλο. Κάθε αεριοστροβλική μονάδα πέραν του λέβητα καυσαερίων έχει τη δική της γεννήτρια, ενώ ο ατμοστρόβιλος συνοδεύεται από το αντίστοιχο σύστημα ψύξης και τη δική του γεννήτρια. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης φτάνει το 50%, ενώ χρησιμοποιούνται τα καύσιμα των αεριοστροβίλων (πετρέλαιο ντίζελ και φυσικό αέριο). Λόγω του υψηλού βαθμού απόδοσης παρά το υψηλό κόστος καυσίμου έχουν μεσαίο ειδικό κόστος λειτουργίας. Χρησιμοποιούνται συνήθως ως σταθμοί κυμαινόμενου φορτίου [24]. Σήμερα, λόγω της σχετικά μικρότερης επιβολής προστίμου λόγω εκπομπών CO₂ σε σχέση με τους ΑΗΣ το λειτουργικό τους κόστος τείνει να γίνει πιο μικρό έναντι των ΑΗΣ.

Οι ντιζελοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν εμβολοφόρους κινητήρες εσωτερικής καύσης ντίζελ. Ως καύσιμα χρησιμοποιούν διάφορα αποστάγματα του πετρελαίου. Σε μεγάλες μονάδες ο βαθμός απόδοσης φθάνει το 50%. Οι ντιζελοηλεκτρικοί σταθμοί στην Ελλάδα δεν χρησιμοποιούνται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, αλλά κυρίως στα απομονωμένα νησιά και στα συστήματα Ρόδου και Κρήτης. Επίσης χρησιμοποιούνται ως εφεδρικές γεννήτριες σε σημαντικούς καταναλωτές, όπως νοσοκομεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις. Οι ντιζελοηλεκτρικοί σταθμοί έχουν πολύ μεγάλο ειδικό κόστος λειτουργίας λόγω του υψηλού κόστους καυσίμου και της μικρής διάρκειας ζωής [24].

4.2.2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς (ΥΗΣ) η κινητική και δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική με τη βοήθεια υδροστροβίλων και στη συνέχεια γεννητριών. Διακρίνονται σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς φυσικής ροής και ρυθμιζόμενης ροής / δεξαμενής, όπου είναι απαραίτητη η δημιουργία τεχνητών λιμνών. Στους αντλητικούς / υδροαντλητικούς σταθμούς ειδικότερα οι υδροστρόβιλοι έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν ως αντλίες, προκειμένου να αξιοποιήσουν χαμηλού κόστους παραγωγής ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου για να αποταμιεύσουν νερό που θα χρησιμοποιηθεί σε ώρες αιχμής για την παραγωγή ενέργειας με υψηλό κόστος παραγωγής από άλλες πηγές [24].

Οι σταθμοί φυσικής ροής εγκαθίστανται σε ποτάμια με μεγάλη παροχή σε όλες τις εποχές του έτους και αποτελούνται από μία ή περισσότερες υδροηλεκτρικές μονάδες. Ο ποταμός προς εκμετάλλευση φράζεται και το νερό διοχετεύεται ελεγχόμενα με αγωγούς μέσα σε στροβίλους Kaplan ή Francis. Ο βαθμός απόδοσής τους κυμαίνεται από 80-92% και έχουν γρήγορη εκκίνηση και ρύθμιση ισχύος. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως εργοστάσια βάσης [24].

Οι σταθμοί ρυθμιζόμενης ροής εγκαθίστανται σε ποτάμια που δεν έχουν μεγάλη παροχή σε όλη τη διάρκεια του έτους. Η ρύθμιση ισχύος γίνεται γρήγορα και χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, όχι όμως τόσο γρήγορα, όσο και στους σταθμούς φυσικής ροής. Ο βαθμός απόδοσης των υδροηλεκτρικών σταθμών ρυθμιζόμενης ροής μέσω ταμιευτήρα κυμαίνεται από 75-92%. Η σειρά ένταξης των υδροηλεκτρικών σταθμών για την κάλυψη του φορτίου εξαρτάται από την υδραυλική περίοδο του έτους. Σε περιόδους ξηρασίας χρησιμοποιούνται ως μονάδες αιχμής, ενώ σε περιόδους πολλών βροχοπτώσεων και υψηλών εισροών στον ταμιευτήρα χρησιμοποιούνται ακόμα και ως μονάδες βάσης [24].

Οι αντλητικοί σταθμοί αποτελούνται από τον ταμιευτήρα κάτω στάθμης, τον ταμιευτήρα άνω στάθμης, μία αντλία, ένα στρόβιλο και μία γεννήτρια. Ο στρόβιλος και η αντλία συνήθως είναι

ενσωματωμένοι σε μία μοναδική μηχανή, τον αντλιοστρόβιλο, ο οποίος ανάλογα με τη φορά περιστροφής του αντλεί νερό λαμβάνοντας ισχύ από το δίκτυο ή κινείται από το νερό παράγοντας ενεργό ισχύ στο δίκτυο. Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου άντλησης – παραγωγής μπορεί να φτάσει το 75%. Η εκκίνηση και η ρύθμιση ισχύος δεν παρουσιάζουν κανένα πρόβλημα και είναι σε θέση να αποδώσουν πλήρη ηλεκτρική ισχύ μέσα σε δύο λεπτά. Οι αντλητικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται ως αποθήκες ενέργειας [24].

4.2.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν πηγές ενέργειας που βρίσκονται στη φύση ανεξάντλητες, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, η βιομάζα, τα θαλάσσια κύματα. Χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων οικισμών ή αυτόνομων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και σε σύνδεση με συμβατικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πιο διαδεδομένοι τύποι τέτοιων σταθμών αποτελούνται από φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτριες [24]. Οι κύριες κατηγορίες είναι :

- Ανεμογεννήτριες
- Φωτοβολταϊκές συστοιχίες
- Ηλιακοί ατμοπαραγωγοί / συλλέκτες
- Σταθμοί εκμετάλλευσης κυμάτων / παλιρροιών
- Σταθμοί θερμικής ενέργειας ωκεανών
- Γεωθερμικοί σταθμοί
- Σταθμοί βιομάζας
- Κελιά καυσίμου.

Αιολικά πάρκα αποτελούμενα από συγκροτήματα μεγάλων ανεμογεννητριών (περίπου 200kW-2MW η καθεμία) συνδέονται με τα υφιστάμενα ηλεκτρικά δίκτυα και συμβάλλουν στη συνολική παραγωγή. Η απόδοση της μετατροπής κυμαίνεται από 20% έως 40%. Το κόστος τους είναι συγκρίσιμο με των συμβατικών μονάδων με μικρότερη όμως χρονική διάρκεια ζωής.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια η πιο άμεση μέθοδος είναι μέσω χρήσης φωτοβολταϊκών κελιών. Το κόστος τους όμως είναι αρκετά υψηλό και έχουν μικρή διάρκεια ζωής οπότε μόνο υπό συνθήκες επιδότησης της εγκατάστασης και δέσμευσης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας προκρίνεται ως επένδυση [24].

Από τη γεωθερμική ενέργεια την αποθηκευμένη ως θερμό νερό ή φυσικός ατμός σε βάθος 10km περίπου, μόνο ένα μικρό μέρος φαίνεται να είναι χρησιμοποιήσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, αντιπροσωπεύοντας μόνο μία μικρή πρόσθετη δυνατότητα ενεργειακής πηγής.

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βασικές διατάξεις ατμοηλεκτρικών σταθμών αντικαθιστώντας το βασικό καύσιμο και τροποποιώντας κατάλληλα το λέβητα, όπως στην περίπτωση καύσης των υπολειμμάτων ελαιουργείων, αποβλήτων βιολογικών καθαρισμών, αερίων χώρων υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.Τ.Α.), αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων, αστικών απορριμμάτων.

Τέλος, η βασική αρχή λειτουργίας των κελιών καυσίμου βρίσκεται στην παραγωγή ενέργειας κατά την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων μεταξύ ηλεκτρολυτών. Το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό και βρίσκει πρακτικές εφαρμογές μόνο σε ειδικές εγκαταστάσεις [24].

4.3 Οικονομικά μεγέθη σταθμών παραγωγής

Ένας σταθμός παραγωγής καλείται να καλύψει τη ζήτηση για ηλεκτρική ισχύ με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και την απαιτούμενη αξιοπιστία. Ακόμα, η παραγωγή καλείται να προσφέρει ισχύ σε επίπεδα διαφορετικής χρονικής διάρκειας. Έτσι οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας έχουν εγκατεστημένους

συνδυασμούς μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με διαφορετικά λειτουργικά και οικονομικά χαρακτηριστικά για την κάλυψη των αναγκών της ζήτησης. [18]

Η βιωσιμότητα ενός σταθμού σχετίζεται με το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος αυτό μπορεί να είναι το κόστος παραγωγής ενός σταθμού που βρίσκεται σε λειτουργία και καλείται απολογιστικό κόστος ή το κόστος παραγωγής ενός σταθμού που πρόκειται να κατασκευασθεί ή βρίσκεται στο στάδιο της κατασκευής και καλείται προϋπολογιστικό κόστος. [25]

Το απολογιστικό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από το κόστος εγκαταστάσεως του σταθμού παραγωγής, τις λειτουργικές δαπάνες του σταθμού, τη φορολογία, την εξυπηρέτηση κεφαλαίου, την επιθυμητή απόσβεση. Το κόστος εγκαταστάσεως περιλαμβάνει τις δαπάνες για την αγορά του οικοπέδου, την κατασκευή των κτηριακών εγκαταστάσεων, την αγορά και τοποθέτηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, την κατασκευή προσωρινών έργων, την προκαταρκτική μελέτη του εργοστασίου, την εποπτεία των κατασκευών κλπ. Για τον υπολογισμό, όμως, του συνολικού κόστους του έργου πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι τόκοι των χρημάτων που δεσμεύτηκαν. Μετά τον προσδιορισμό του κόστους εγκαταστάσεως του σταθμού υπολογίζεται ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για κάθε είδος σταθμού. Το μέγεθος αυτό είναι το κόστος ανά kW, το οποίο προκύπτει από τη διαίρεση του συνολικού κόστους εγκαταστάσεως με την ισχύ του σταθμού. Εάν από την ονομαστική ισχύ αφαιρεθεί η ισχύς των βοηθητικών μηχανημάτων και οι απώλειες του μετασχηματιστή, μένει η μέγιστη καθαρή ισχύς $P_{εγκ}$. Μία μονάδα παρουσιάζει μία ισχύ στην οποία επιτυγχάνεται ο καλύτερος βαθμός απόδοσης. Ανάλογα με τις προδιαγραφές που δόθηκαν στον κατασκευαστή με βάση τη μορφή του φορτίου που θα καλύψει η μονάδα, η ισχύς μπορεί να είναι μικρότερη ή ακόμη και ίση με την ονομαστική. Το κόστος ανά kW αποτελεί φθίνουσα συνάρτηση της ισχύος και έχει τη μορφή (σχέση 4.1) [25]:

$$u\left(\frac{\text{€}}{\text{kW}}\right) = \frac{a}{P^X} \quad (4.1)$$

Όπου

a : σταθερά που εξαρτάται από το είδος του σταθμού (πετρελαίου – λιγνιτικού – πυρηνικού)

u : το ανά μονάδα κόστος (€/kW)

P : η ονομαστική ισχύς του σταθμού σε kW

X : σταθερά που εξαρτάται από το είδος του σταθμού και απεικονίζει τις οικονομίες κλίματος. Ονομάζεται συντελεστής κλίμακος. Η τιμή του είναι της τάξεως του 0,3 για πυρηνικούς και 0,2 σταθμούς λιγνιτικούς και πετρελαίου.

Έχει γίνει επίσης προσπάθεια να δοθεί μία μορφή συναρτήσεως $u\left(\frac{\text{€}}{\text{kW}}\right) = f(P)$ για υδροηλεκτρικούς σταθμούς με συγκεκριμένη υδρολογική ανάπτυξη (Σχέση (4.2)) [25], που σε μία πρώτη προσέγγιση η μορφή της είναι η εξής:

$$u\left(\frac{\text{€}}{\text{kW}}\right) = \frac{b}{P} + d \quad (4.2)$$

Όπου:

b, d : σταθερές

P : η ισχύς του σταθμού

Οι λειτουργικές δαπάνες ενός σταθμού παραγωγής αποτελούνται από τη δαπάνη μισθοδοσίας, τη δαπάνη καυσίμου, τη δαπάνη συντηρήσεως και τις λοιπές δαπάνες.

Μεταβαίνοντας στην απόσβεση – εξυπηρέτηση κεφαλαίου – φορολογία, η απόσβεση δικαιολογείται από την ανάγκη τμηματικής ανακτήσεως του κόστους του σταθμού παραγωγής. Για τον υπολογισμό της απόσβεσης είναι απαραίτητη η γνώση της διάρκειας ζωής του σταθμού. Για τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής η διάρκεια ζωής λαμβάνεται στα 25 έτη, για τους υδροηλεκτρικούς στα 50 έτη και για τις μηχανές εσωτερικής καύσεως στα 12 έτη. Οι πιο γνωστές μέθοδοι αποσβέσεως είναι η “γραμμική μέθοδος αποσβέσεως” και η “τοκοχρεωλυτική μέθοδος αποσβέσεως” [25].

Για τον προσδιορισμό του ρυθμού αποσβέσεως μέσω της γραμμικής μεθόδου πρέπει να είναι γνωστό το κόστος της εγκαταστάσεως του παραγωγικού εξοπλισμού στην αρχή της εμπορικής λειτουργίας, η υπολειμματική αξία του σταθμού παραγωγής, η διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Τότε η ετήσια σταθερά απόσβεσης με τη γραμμική μέθοδο είναι :

$$\text{ετήσια σταθερά απόσβεσης} = \frac{\text{κόστος εγκαταστάσεως του σταθμού} - \text{υπολειμματική αξία του σταθμού}}{\text{διάρκεια ζωής του σταθμού}} \quad (4.3)$$

Για τον προσδιορισμό του ρυθμού αποσβέσεως μέσω της τοκοχρεωλυτικής μεθόδου πρέπει να είναι γνωστό και το επιτόκιο i με το οποίο ανατοκίζονται οι ετήσιες αποσβέσεις.

$$\text{ετήσια απόσβεση του έτους } n = (\text{κόστος εγκαταστάσεως} - \text{υπολειμματική αξία}) \cdot \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (4.4)$$

Όπου n το αντίστοιχο έτος.

Επιπρόσθετα, το ποσό που θα υπολογιστεί ως εξυπηρέτηση κεφαλαίου θα πρέπει να ενσωματωθεί στο κόστος, δηλαδή στην τιμή πωλήσεως. Το ποσό αυτό ισούται με ένα ποσοστό επί της μη αποσβενομένης αξίας των εγκαταστάσεων. Έτσι το ποσοστό αυτό θα μεταβάλλεται από έτος σε έτος, καθώς θα μεταβάλλεται και η μη αποσβενομένη αξία.

Ακόμα, πρέπει να συνυπολογιστεί ο φόρος. Από τα έσοδα που εισπράττει η επιχείρηση κατά τη διάρκεια ενός έτους αφαιρούνται οι λειτουργικές δαπάνες της επιχείρησης και οι αποσβέσεις. Εάν η επιχείρηση πληρώνει τόκους για δανειακά κεφάλαια, τότε θα πρέπει και αυτά να αφαιρεθούν. Το υπόλοιπο καλείται κέρδος μετά από τις αποσβέσεις. Επί του ποσού αυτού υπολογίζεται ο φόρος εισοδήματος και το υπόλοιπο καλείται καθαρό κέρδος και αντιστοιχεί στην εξυπηρέτηση κεφαλαίου μετά τη φορολογία.

Τέλος, για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής θεωρείται ότι ένας σταθμός παραγωγής με διάρκεια ζωής n έτη, παράγει κάθε χρόνο ποσότητα ενέργειας E_j (με $j=1,2,3,\dots,n$) η οποία αναφέρεται στους ζυγούς υψηλής τάσεως του μετασχηματιστή ανυψώσεως, δηλαδή η καθαρή παραγωγή. Για τον υπολογισμό του κόστους πρέπει να είναι γνωστά :

- Το κόστος του σταθμού στην αρχή της εμπορικής λειτουργίας της μονάδας, έστω C €.
- Η μέθοδος αποσβέσεως, έστω ότι εφαρμόζεται η τοκοχρεωλυτική μέθοδος.
- Το ποσοστό εξυπηρέτησεως κεφαλαίου, έστω l %.
- Οι λειτουργικές δαπάνες και συγκεκριμένα:
 - Η ετήσια δαπάνη μισθοδοσίας W_j η οποία είναι ανεξάρτητη της παραγωγής.
 - Η ετήσια δαπάνη καυσίμου που είναι αναλογική της παραγόμενης ενέργειας και ισούται με $K_j E_j$. Εάν το κόστος του καυσίμου είναι σταθερό μέσα στο χρόνο το ανά μονάδα κόστος K_j είναι σταθερό και ίσο με K . Το K είναι γινόμενο της μέσης ειδικής καταναλώσεως (kcal/kWh) και του κόστους του καυσίμου (€/kcal)
 - Η ετήσια δαπάνη συντηρήσεως μερικώς θα θεωρηθεί αναλογικά της παραγωγής :
$$M_j + \mu_j E_j \quad (4.5)$$
 - Λοιπές ετήσιες δαπάνες, έστω O_j .

Υποθέτοντας ότι τα W_j, M_j, O_j, K_j , μπααραμένουν σταθερά για κάθε έτος και ότι σε κάθε έτος παράγεται το ίδιο ποσό ενέργειας $E_1 = E_2 = \dots = E$, τότε (σχέση (4.6)):

$$\Pi = \frac{C}{E} \cdot \frac{i(1+i)^n}{|(1+i)^n - 1|} + \frac{(W + M + O)}{E} + (K + \mu) \quad (4.6)$$

Όπου

M: που είναι μέρος της ετήσιας δαπάνης συντηρήσεως.

μ: ο συντελεστής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, για τον υπολογισμό της ετήσιας δαπάνης συντηρήσεως

O: οι λοιπές ετήσιες δαπάνες.

Το μέσο ισοδύναμο κόστος παραγωγής, σύμφωνα με την [25], είναι ανεξάρτητο της μεθόδου αποσβέσεως. Ακόμα, όπως φαίνεται στη σχέση (4.6), (όπου έχει γίνει η υπόθεση ότι και η παραγωγή της μονάδας είναι σταθερή) το μέσο ισοδύναμο κόστος που προσδιορίζεται από τη σχέση (4.6) ισούται με το μέσο κόστος που προσδιορίζεται από την τοκοχρεωλυτική μέθοδο αποσβέσεως.

Ακόμα, εάν n ο ετήσιος συντελεστής φορτίσεως του σταθμού παραγωγής και $P_{εγκ}$ η καθαρή εγκατεστημένη ισχύς του, τότε ισχύει ότι (σχέση (4.7)):

$$n = \frac{E}{P_{εγκ} \cdot 8760} \quad (4.7)$$

Η σχέση (4.6) με βάση τη σχέση (4.7) γίνεται:

$$\Pi = \frac{C}{n \cdot P_{εγκ} \cdot 8760} \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + \frac{W + M + O}{n \cdot P_{εγκ} \cdot 8760} + (K + \mu) \quad (4.8)$$

Συμβολίζοντας την παράσταση $\frac{C}{P_{εγκ}} \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + \frac{W+M+O}{P_{εγκ}}$ με A (€/kW-έτος), τότε αυτό είναι το ετήσιο κόστος ισχύος. Το μέγεθος $(K + \mu)$ καλείται κόστος ενέργειας, συμβολίζεται με K_μ (€/kWh) και είναι η απαιτούμενη δαπάνη για καύσιμο και συντήρηση για την παραγωγή μίας kWh.

Συνεπώς η σχέση (4.8), του μέσου ισοδύναμου κόστους παραγωγής γράφεται ως (σχέση (4.9)):

$$\Pi = \frac{A}{n \cdot 8760} + K_\mu \quad (4.9)$$

Η μέση ισοδύναμη ετήσια δαπάνη $K^{ετ} = \Pi \cdot E$ θα δίνεται από τη σχέση (4.10):

$$K^{ετ} = A \cdot P_{εγκ} + K_\mu \cdot E \quad (4.10)$$

ή

$$K^{ετ} = A \cdot P_{εγκ} + K_\mu \cdot n \cdot P_{εγκ} \cdot 8760 \quad (4.11)$$

Από τη σχέση (4.11) προκύπτει ότι η μέση ισοδύναμη ετήσια δαπάνη ανά καθαρό kW είναι γραμμική συνάρτηση του συντελεστή φορτίσεως του εργοστασίου (σχέση (4.12)).

$$\frac{K^{ετ}}{P_{εγκ}} = A + K_\mu \cdot n \cdot 8760 \quad (4.12)$$

Με τη μεθοδολογία του προϋπολογιστικού κόστους μπορεί να προσδιοριστεί το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε τιμές συγκεκριμένης περιόδου. Η μεθοδολογία του προϋπολογιστικού κόστους δεν διαφέρει από τη μεθοδολογία του απολογιστικού κόστους για ό,τι αφορά την περιγραφή των δαπανών κατά το στάδιο της εγκαταστάσεως και λειτουργίας του σταθμού, διαφέρει μόνο στην

αποτίμηση αυτών, οπότε προκύπτει και η ανάγκη αναφοράς του κόστους σε συγκεκριμένες τιμές περιόδου [25].

4.4 Καμπύλες κόστους των σταθμών παραγωγής & κατανομή των μονάδων

Το μέσο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στους ζυγούς ενός σταθμού παραγωγής διαμορφώνεται από δύο παραμέτρους, τις συνολικές ετήσιες δαπάνες και την παραχθείσα ενέργεια. Οι συνολικές ετήσιες δαπάνες του σταθμού έχουν επίσης δύο συνιστώσες, τις σταθερές δαπάνες, που είναι ανεξάρτητες της παραχθείσας ενέργειας και τις μεταβλητές δαπάνες, που είναι ανάλογες της παραγόμενης ενέργειας [26].

Οι συνολικές ετήσιες δαπάνες $K_{ετ}$ υπολογίζονται από τη σχέση (4.13).

$$K_{ετ} = K_{στ} + K_{μ}E \quad (4.13)$$

Όπου:

$K_{στ}$: οι σταθερές δαπάνες (€/έτος)

$K_{μ}E$: οι μεταβλητές δαπάνες (€/έτος)

Διαιρώντας τη σχέση (4.13) με την τιμή της παραχθείσας ενέργειας E (kWh) υπολογίζεται το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (σχέση (4.14)).

$$K_{kWh} = \frac{K_{στ} + K_{μ}E}{E} = \frac{K_{στ}}{E} + K_{μ} \quad (4.14)$$

Η κατανομή των μονάδων παραγωγής γίνεται βάσει του κόστους παραγωγής. Έστω ότι μία καμπύλη φορτίου θα εξυπηρετηθεί από δύο σταθμούς παραγωγής I, II με αντίστοιχες καμπύλες ετήσιων δαπανών. Για συντελεστές φορτίσεως μεγαλύτερους από n_T ο σταθμός II έχει μικρότερες δαπάνες, άρα φθηνότερη kWh, (σχήμα 11). Συνεπώς για φορτίο $n > n_T$ θα λειτουργεί ο II, ο οποίος έχει μεγαλύτερες σταθερές δαπάνες και μικρότερες μεταβλητές. Τέτοιο φορτίο είναι το II, που χωρίζεται από την ευθεία στην οποία τέμνει την καμπύλη διαρκείας ή οριζόντια στη θέση n_T . Το φορτίο αυτό έχει τιμές $n > n_T$ και απαιτεί αιχμή P_{II} , την οποία πρέπει να διαθέτει ο σταθμός II. Για το φορτίο I, που έχει αιχμή P_I και $n < n_T$ θα λειτουργεί ο σταθμός I, ο οποίος έχει στην περιοχή $0 < n < n_T$ μικρότερες δαπάνες, άρα φθηνότερη kWh. Οι συνολικές ετήσιες δαπάνες λειτουργίας για μία ορισμένη καμπύλη φορτίου με n_{II} για το φορτίο II και n_I για το φορτίο I θα είναι $K_I + K_{II}$. Τέλος, ο μέγιστος συντελεστής του σταθμού I θα ήταν n_T και του σταθμού II ο $n=1$ [26].

Στην περίπτωση όπου υπάρχουν περισσότεροι από δύο σταθμοί η εξυπηρέτηση της καμπύλης φορτίου γίνεται ανάλογα (σχήμα 12).

Γενικότερα τα εργοστάσια που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες κλίσεις ετήσιων δαπανών χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση των αιχμών γιατί έχουν μικρές σταθερές δαπάνες, αυξημένες μεταβλητές και πρέπει να παράγουν λίγες kWh. Οι ζώνες βάσης, οι οποίες έχουν πολλές kWh, θα εξυπηρετηθούν από μονάδες παραγωγής που εμφανίζουν τις μικρότερες κλίσεις (μεταβλητές δαπάνες) και αυξημένες σταθερές δαπάνες. Έτσι στη ζώνη αιχμής χρησιμοποιούνται αεριοστρόβιλοι, που έχουν μικρό κόστος εγκατάστασης και αυξημένες μεταβλητές δαπάνες, ενώ στη ζώνη βάσεως παλαιότερα χρησιμοποιούνταν οι λιγνιτικοί σταθμοί και τώρα χρησιμοποιούνται οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, οι οποίοι έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και μικρές μεταβλητές δαπάνες. [26]

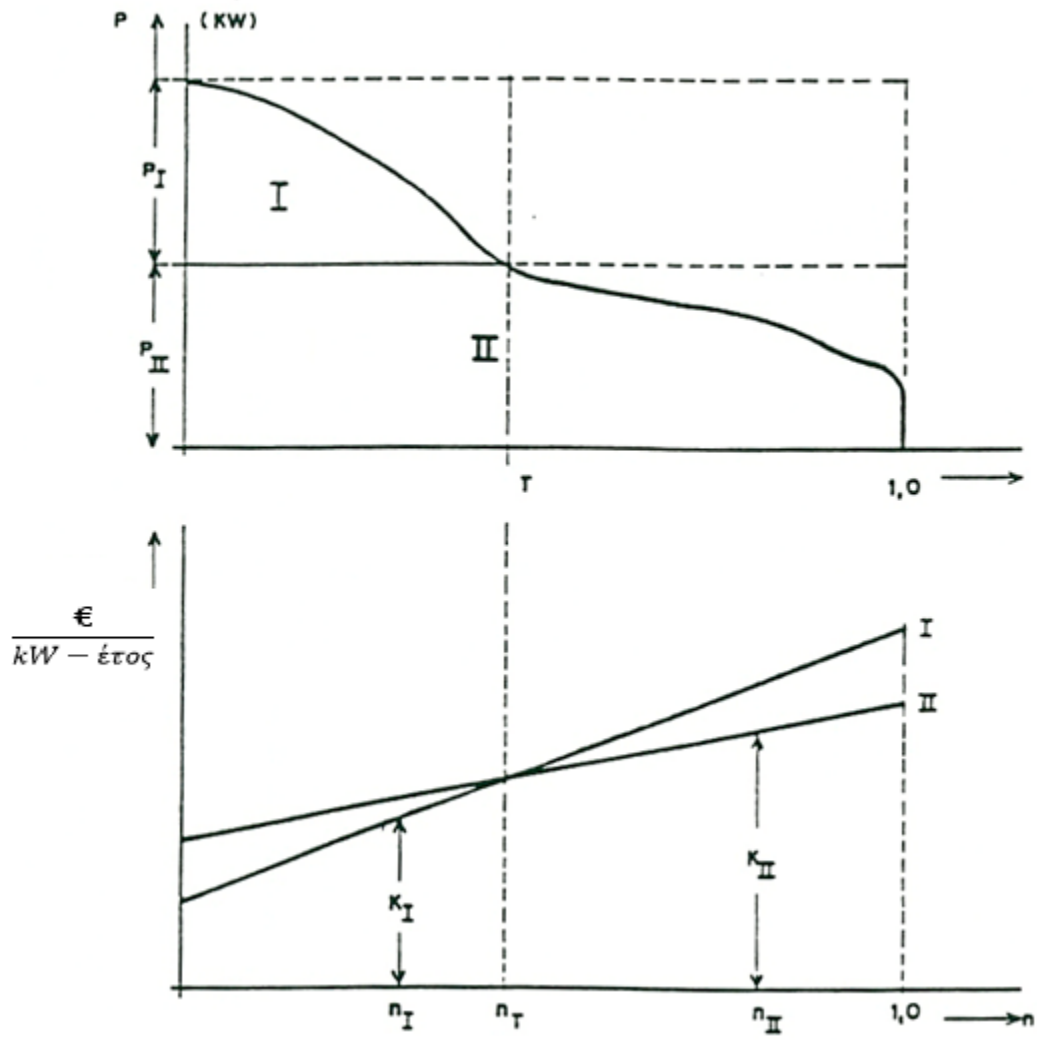


Figure 11 Εξυπηρέτηση καμπύλης φορτίου από δύο μονάδες I και II [26].

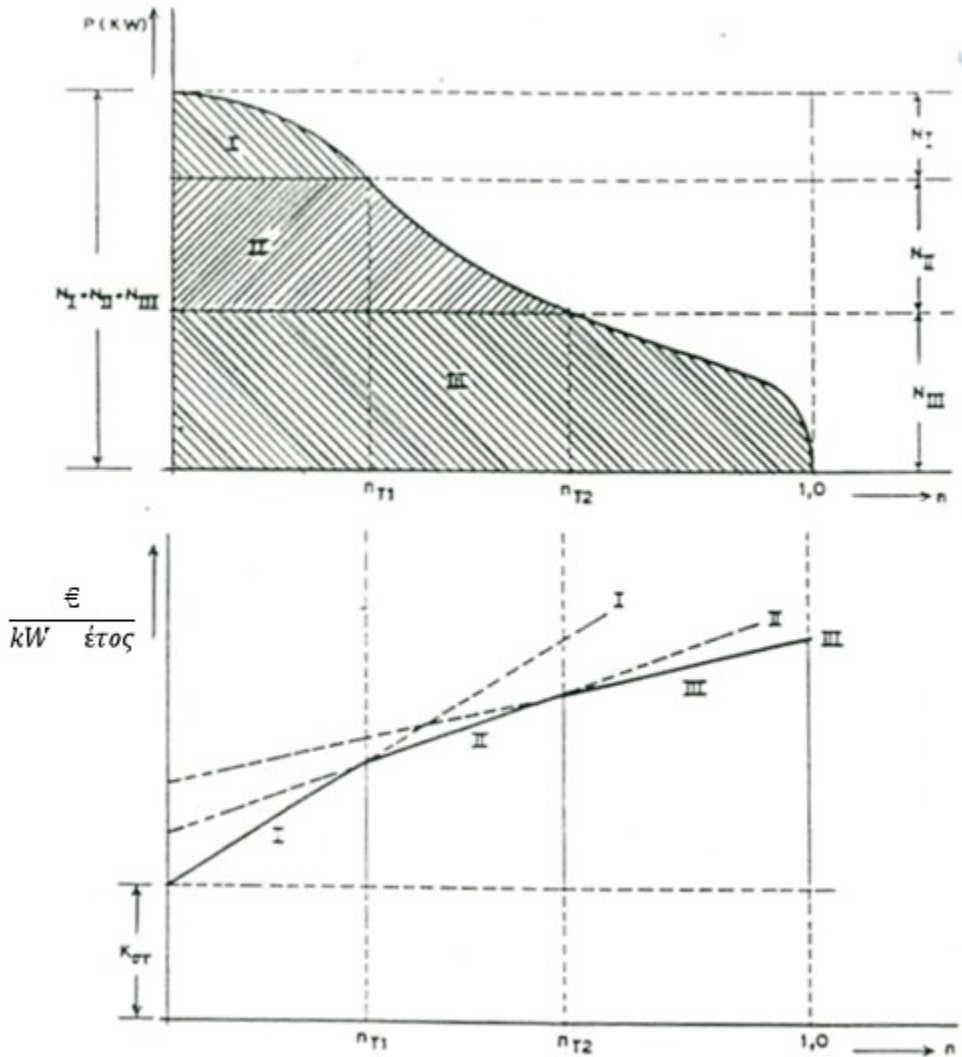


Figure 12 Εξυπηρέτηση καμπύλης φορτίου από τρεις μονάδες I, II, III, [26].

4.5 Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας

4.5.1 Γενικά

Η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος προσαρμόζεται στη χρονική διακύμανση του φορτίου, η οποία είναι σχετικά προβλέψιμη. Για τεχνικούς λόγους και σε περιόδους χαμηλού φορτίου οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί δεν μπορούν να μειώσουν την παραγωγή τους κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο, συνεπώς τις χρονικές αυτές περιόδους υπάρχει περίσσεια ισχύος στο δίκτυο.

Ακόμα, η αυξανόμενη συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από την αιολική και ηλιακή ενέργεια στο δίκτυο προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στη διαχείριση του δικτύου, τα οποία οφείλονται στην έντονη χρονική διακύμανση που παρουσιάζει η παραγωγή των αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων και στην αδυναμία πρόβλεψης της παραγωγής αυτών. Επιπρόσθετα, η ανάγκη αποθήκευσης της αιολικής και ηλιακής ενέργειας γίνεται απαραίτητη ακόμη και σε ισχυρά διασυνδεδεμένα δίκτυα, όταν η συμμετοχή της αρχίζει να πλησιάζει κάποια όρια πέρα από τα οποία η διεύθυνση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας προκαλεί αστάθεια στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί ως ηλεκτρική άμεσα ή έμμεσα (μέσω συσσωρευτών, στρεφόμενων μαζών - σφονδύλων, υπερπυκνωτών, υπεραγωγίσιμης μαγνητικής αποθήκευσης, αντλησιοταμίευσης, συστημάτων πεπιεσμένου αέρα), ως θερμική ή με υδρογόνο (κυψέλες καυσίμου). Η φόρτιση γίνεται κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής ζήτησης και η εκφόρτιση για την κάλυψη φορτίων αιχμής [27].

Τα συστήματα αποθήκευσης καλύπτουν ανάγκες των σύγχρονων ηλεκτρικών δικτύων σε ευρεία περιοχή, όπως κάλυψη αιχμών, εξομάλυνση της καμπύλης ζήτησης, παροχή βοηθητικών υπηρεσιών στο δίκτυο, βελτίωση της απόδοσης του συστήματος μεταφοράς και διανομής, μείωση των αναγκών ενίσχυσης του δικτύου μεταφοράς και διανομής και μετατόπιση στο μέλλον νέων επενδύσεων επαύξησης της ικανότητας του δικτύου, συμβολή στη μείωση των τιμολογίων, υψηλή αξιοπιστία και ποιότητα παρεχόμενης ενέργειας, βέλτιστη εκμετάλλευση των ΑΠΕ (σημαντική ενίσχυση του βαθμού διείδυσης και ενσωμάτωσης των ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, συμβολή στην αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων συνεργασίας με το εκάστοτε ηλεκτρικό δίκτυο) και ενίσχυση της ενεργειακής αυτονομίας [27].

Σε περιόδους χαμηλής ανανεώσιμης ενέργειας και υψηλής ζήτησης οι επιλογές λύσης του προβλήματος περιλαμβάνουν εκτός από απόκριση ζήτησης και χρήση μονάδων φυσικού αερίου, αποθήκευση ενέργειας. Ο βαθμός στον οποίο γίνεται οικονομική η αποθήκευση ενέργειας και η τοποθεσία στην οποία θα γίνει η αποθήκευση εξαρτάται από το σύστημα στο οποίο θα ενταχθεί. Ακόμη, διακυμάνσεις διαστήματος μερικών λεπτών μπορούν να εξομαλυνθούν με τη χρήση μπαταριών, υπερπυκνωτών ή στρεφόμενων μαζών-σφονδύλων. Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας μπορεί να φανεί χρήσιμη για την αποθήκευση ηλιακής ενέργειας που παράγεται το μεσημέρι με σκοπό την κάλυψη των απογευματινών αναγκών [28].

Μία μονάδα αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να συνδεθεί στο σύστημα μεταφοράς, υπομεταφοράς ή διανομής με τρόπο παρόμοιο με εκείνων των εγκαταστάσεων συμβατικών ή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μικρών ανεξάρτητων παραγωγών ή ιδιοπαραγωγών [18].

Οι μονάδες ισχύος παγκοσμίως έχουν να αντιμετωπίσουν τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση χρόνο με το χρόνο. Αυτό συνεπάγεται την ανάγκη εγκατάστασης νέων μονάδων παραγωγής, ώστε να καλυφθεί η αιχμή ζήτησης του συστήματος. Μία εγκατάσταση ικανή να απορροφήσει ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο κατά τη διάρκεια της νύχτας και να την αποδώσει εκ νέου στο δίκτυο κατά τις περιόδους αιχμής θα μειώσει την ανάγκη παραγωγής ισχύος στο σύστημα. Γι' αυτό το κόστος κεφαλαίου μίας μονάδας αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να αποζημιώνεται από τις εξοικονομήσεις που σημειώνονται στους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής, οι οποίοι αντικαθίστανται [18].

Οι διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας χωρίζονται σε διατάξεις βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης αποθήκευσης. Οι διατάξεις βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης μπορούν να προσφέρουν ή να απορροφήσουν ενέργεια για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, από λίγα δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά, με τυπικές εφαρμογές την παροχή αδιάλειπτης παροχής ισχύος και ευστάθειας λειτουργίας ΣΗΕ. Οι διατάξεις μεσοπρόθεσμης αποθήκευσης χρησιμοποιούνται για χρονικούς ορίζοντες από μερικά λεπτά έως μερικές ώρες. Τέτοιου είδους εφαρμογές είναι η διαχείριση ΑΠΕ, η ενίσχυση της παροχής στρεφόμενης εφεδρείας και η διαχείριση παρεχόμενης ισχύος στους καταναλωτές. Οι διατάξεις μακροπρόθεσμης αποθήκευσης χρησιμοποιούνται για χρονικούς ορίζοντες από αρκετές ώρες μέχρι εβδομάδα και μήνες. Οι τελευταίες διατάξεις χρησιμοποιούνται κυρίως για την εξομάλυνση της ζήτησης μεταξύ ωρών αιχμής και μη αιχμής ή την ικανοποίηση της ζήτησης αιχμής, έχοντας αποθηκεύσει ενέργεια σε περιόδους χαμηλής ζήτησης [27].

Ακολουθούν τα πλεονεκτήματα αποθήκευσης ενέργειας [27], [28] :

- Η αποθήκευση ενέργειας είναι σημαντική για τα ηλεκτρικά συστήματα, καθώς επιτρέπει την αυξημένη χρησιμοποίηση του συστήματος και βελτιώνει γενικότερα την ευελιξία, την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα του δικτύου.
- Διευκολύνει την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποφεύγοντας τη μη αξιοποίηση του φορτίου κατά τις περιόδους υπερπαραγωγής.
- Εξοικονόμηση κόστους ενέργειας από την αντικατάσταση ακριβής ενέργειας αιχμής με λιγότερο ακριβή ενέργεια περιόδων μη αιχμής.
- Σε μη διασυνδεδεμένα συστήματα, όπου η ενέργεια παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, η ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης είναι απαραίτητη.
- Η ανάγκη ύπαρξης συστήματος αποθήκευσης ενέργειας δεν είναι προφανής στα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα, όμως η ενεργειακή αποθήκευση θα είναι αναπόφευκτη στο μέλλον. Η αύξηση διασύνδεσης ΑΠΕ στα ηλεκτρικά δίκτυα έχει ως αποτέλεσμα την ασταθή λειτουργία των δικτύων αυτών. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, η αποθήκευση της ενέργειας σε συνδυασμό με την ορθολογική διαχείριση των ανανεώσιμων πηγών σχηματίζουν τη βέλτιστη λύση.
- Μπορεί να επιτευχθεί μείωση αιχμής ζήτησης ισχύος στο δίκτυο μεταφοράς, που επιφέρει μείωση του κόστους χρέωσης της ισχύος στο εκάστοτε διακριτό δίκτυο διανομής.

Μειονεκτήματα αποθήκευσης ενέργειας [27]:

- Σε αρκετές περιπτώσεις είναι υψηλό το κόστος κτήσης και εγκατάστασης ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας.
- Οι επιπλέον απώλειες μεταφοράς, μετατροπής και αποθήκευσης μπορούν να αποτελέσουν περιοριστικό παράγοντα στην εφαρμογή ενός συστήματος αποθήκευσης.
- Αρκετά από τα υφιστάμενα συστήματα εμφανίζουν σημαντικά περιθώρια εξέλιξης με αποτέλεσμα τη δεδομένη στιγμή να μην μπορούν να χαρακτηριστούν ως «ώριμες τεχνολογίες».
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συχνά συνοδεύουν την εγκατάσταση ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας μεγάλης κλίμακας είναι σημαντικές.

4.5.2 Αντλησιοταμίευση

Η αντλησιοταμίευση είναι μία οικονομική μέθοδος αξιοποίησης ενέργειας κατά περιόδους εκτός αιχμής, αντλώντας νερό προς έναν ταμιευτήρα υψηλότερου επιπέδου. Κατά τις περιόδους αιχμής, η αποθηκευμένη αυτή ποσότητα νερού αποβάλλεται μέσω των αντλιών και αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καλυφθεί η αιχμή ζήτησης. Κατά αυτόν τον τρόπο αποθηκεύεται δυναμικά υδραυλική ενέργεια, αντλώντας νερό από έναν ταμιευτήρα χαμηλότερου επιπέδου προς έναν ταμιευτήρα υψηλότερου επιπέδου [18].

Μέσω της αντλησιοταμίευσης θα είναι δυνατό να αξιοποιηθεί στο έπακρο η ενέργεια που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές και να υπάρχει ποικιλία στο σύστημα. Το σύστημα αυτό θα αντλεί ενέργεια από το δίκτυο, αξιοποιώντας την πηγή, η οποία θα βρίσκεται στο όριο εκείνη τη στιγμή. Σε χαμηλότερες διεισδύσεις ΑΠΕ στο δίκτυο, χρειάζεται λιγότερη αποθήκευση ενέργειας και είναι μεγάλες οι πιθανότητες η ενέργεια που αποθηκεύεται να προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές. Αντιθέτως, σε υψηλότερες διεισδύσεις ΑΠΕ, απαιτείται μεγαλύτερη αποθήκευση ενέργειας και τότε οι πιθανότητες η ενέργεια προς αποθήκευση να προέρχεται από ΑΠΕ είναι μεγαλύτερες. Κατά αυτόν τον τρόπο η αποθήκευση ενέργειας θα είναι αποφασιστικής σημασίας για την περαιτέρω ανάπτυξη των ΑΠΕ και θα

αντικατοπτρίζει τη μείωση των εκπομπών, καθώς οι συνολικές εκπομπές του συστήματος μειώνονται [28].

Στις εγκαταστάσεις αντλησιοταμίευσης τα σημαντικότερα στοιχεία είναι η υψομετρική διαφορά και το νερό. Γνωρίζοντας την εκάστοτε υψομετρική διαφορά και την ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη μπορεί να υπολογιστεί η δυνητική ενέργεια σε Joules (PE) από τη σχέση (4.15) [28].

$$PE = mgH \quad (4.15)$$

Όπου

m : η μάζα νερού =[όγκος (m^3) · πυκνότητα $1000\text{kg}/m^3$]

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας σε (m/s^2)

H : το καθαρό υδραυλικό ύψος (hydraulic head)σε μέτρα

Η παραγόμενη ισχύς υπολογίζεται από τη σχέση (4.16). [28]

$$P = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g \cdot \eta \quad (4.16)$$

Όπου

P : η παραγόμενη ισχύς σε (W)

Q : η παροχή νερού σε (m^3/s)

H : το καθαρό υδραυλικό ύψος σε μέτρα (m)

ρ : η πυκνότητα του νερού σε (kg/m^3) [=1000 kg/m^3]

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας σε (m/s^2)

η : οβαθμόςαπόδοσης

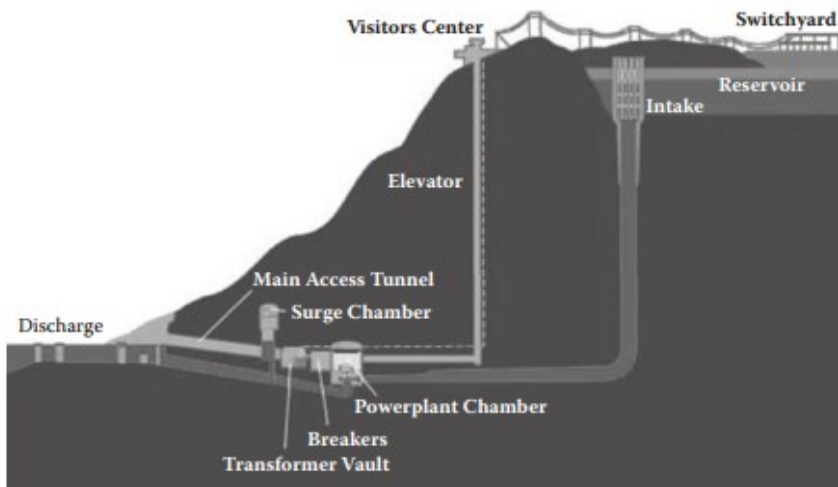


Figure 13 Μονάδα αντλησιοταμίευσης [28]

Επιπρόσθετα στην περίπτωση της αντλησιοταμίευσης αυξάνεται η διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας από πλευράς δικτύου από την εκμετάλλευση της κίνησης του νερού. [28]

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οποιασδήποτε ενέργειας έχει σαν βάση το νερό θα πρέπει να μελετηθούν. Στην αντλησιοταμίευση, το κλειδί για την αξιοποίηση περιλαμβάνει τη μεγιστοποίηση του

καθαρού υδραυλικού ύψους, ώστε να μειωθεί η ποσότητα νερού που χρειάζεται, χρησιμοποιώντας ενδεχομένως εναλλακτικές πηγές νερού και καθαρίζοντας τις πηγές αυτές αν κρίνεται απαραίτητο, κατασκευάζοντας τις εγκαταστάσεις αντλησιοταμίευσης σε σημείο που να μην φράζεται η ροή του τρεχούμενου νερού [28].

4.6 Προσθήκη αντλησιοταμίευσης σε πρόβλημα κατανομής μονάδων παραγωγής

Η βραχυχρόνια συσσώρευση ενέργειας αποσκοπεί στον περιορισμό, μέχρι μηδενισμού της στρεφόμενης εφεδρείας ή ακόμη και την πλήρη κάλυψη του φορτίου από ΑΠΕ, εφόσον εξασφαλίζεται και η παροχή της αντιστοίχου αέργου ισχύος που απαιτεί το φορτίο.

Όταν υπάρχει η δυνατότητα βραχυχρόνιας αποθήκευσης ενέργειας, είτε αυτή προέρχεται από ΑΠΕ, είτε από το δίκτυο κατά τις ώρες που παράγεται με μικρότερο κόστος και η αποθηκευμένη, αυτή, ενέργεια αξιοποιείται για τη μείωση της παραγωγής των συμβατικών μονάδων τις ώρες αιχμής, τότε (σχέση 4.17) [29], [30]:

$$\sum_{i=1}^n P_{ti} + P_{ΑΠΕ} - P_c \pm P_w = 0 \quad (4.17)$$

Όπου

P_{ti} : η ισχύς που παρέχει η γεννήτρια i , για κάθε $i = 1, \dots, n_t$, όπου n_t το πλήθος των συμβατικών μονάδων παραγωγής

$P_{ΑΠΕ}$: η παρεχόμενη ισχύς από ΑΠΕ

P_c : το φορτίο ζήτησης

P_w : η ισχύς της αποδιδόμενης ή αποθηκευμένης ενέργειας κατά το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

Στην περίπτωση που κληθεί η παροχή, σε διάστημα $[0, T]$, σημαντικά διαφορετικών τιμών ισχύος από τις συμβατικές μονάδες ($\sum_{i=1}^n P_{ti}$), η χρήση αντλησιοταμίευσης μπορεί να αναστείλει την ανάγκη διαφοροποίησης της θέσης λειτουργίας των συμβατικών μονάδων και συνεπώς να συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής.

Αναλόγως των χαρακτηριστικών των μονάδων, ο κύκλος της αντλησιοταμίευσης μπορεί να είναι καθημερινός, όπου αποθηκεύεται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας και αποδίδεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, εβδομαδιαίος όπου αποθηκεύεται ενέργεια κατά τα Σαββατοκύριακα κ.ο.κ. Η αντλησιοταμίευση μπορεί να συμβάλλει στην ορθολογικότερη κατανομή των μονάδων παραγωγής και/ή στην εναλλαγή κατανομής μέσω διασυνδέσεων [30].

Μία μονάδα αντλησιοταμίευσης μπορεί να λειτουργήσει μεταξύ των ορίων $P_w \in [-P_{pmax}, +P_{wmax}]$,

- $P_w > 0$ ($P_w \in (0, +P_{wmax}]$), $q = q_g(P_w) > 0$ κατά την απόδοση ενέργειας στο σύστημα
- $P_w < 0$ ($P_w \in [-P_{pmax}, 0)$), $q = q_p(P_w) < 0$ κατά την αποθήκευση ενέργειας

Όπου q η χρησιμοποιούμενη παροχή νερού.

Η συσχέτιση του q με την P_w είναι διαφορετική κατά την αποθήκευση και κατά την απόδοση ισχύος στο σύστημα.

Κατά την αντλησιοταμίευση είναι αποδοτική η πώληση ενέργειας στις περιοχές που έχουν υψηλότερο οριακό κόστος και η αποθήκευση ενέργειας από τις περιοχές που έχουν χαμηλότερο οριακό κόστος [30].

Το βέλτιστο σημείο λειτουργίας, όταν βασίζεται μόνο στο κόστος κατανομής των μονάδων, υπολογίζεται ελαχιστοποιώντας το κόστος παραγωγής (σχέση 4.18). Σκοπός είναι ο προσδιορισμός της

πιο οικονομικής κατανομής της $\sum_i P_{ti}$. Εάν το κόστος κάθε μονάδας για την παραγωγή της αντίστοιχης P_{ti} συμβολίζεται με C_i :

$$\min \int_0^T \sum_i C_i(P_{ti}(t))dt \quad (4.18)$$

Σύμφωνα με την πηγή [26], κατά των περιόδων παραγωγής [k] οι ηλεκτρικοί και υδραυλικοί περιορισμοί του αντλητικού για κάθε ωριαίο χρονικό διάστημα είναι:

$$P_{Lk} + P_{lk} - P_{Sk} - P_{Hk} = 0 \quad (4.19)$$

$$V_{k+1} - V_k - r_k + q_k = 0 \quad (4.20)$$

Με τη συνάρτηση Lagrange κατά τη διάρκεια μίας ωριαίας παραγωγής (k) να είναι:

$$L_k = F_k + \lambda_k(P_{Lk} + P_{lk} - P_{Sk} - P_{Hk}) + \gamma_k(V_{k+1} - V_k - r_k + q_k) \quad (4.21)$$

Για μία περίοδο αντλήσεως (i), οι ηλεκτρικοί και υδραυλικοί περιορισμοί θα είναι:

$$P_{Li} + P_{li} - P_{Si} + P_{Hi} = 0 \quad (4.22)$$

$$V_{i+1} - V_i - r_i - W_i = 0 \quad (4.23)$$

Η συνάρτηση Lagrange θα είναι:

$$L_i = F_i + \lambda_i(P_{Li} + P_{li} - P_{Si} + P_{Hi}) + \gamma_i(V_{i+1} - V_i - r_i - W_i) \quad (4.24)$$

Όπου:

Ακολουθούν τα υδραυλικά μεγέθη σε κάθε χρονική περίοδο j:

r_j : η εισροή (m^3)

V_j : Ο όγκος στην αρχή της περιόδου (m^3)

q_j : η εκροή σε περίπτωση παραγωγής (m^3)

W_j : ο αντλούμενος όγκος σε περίπτωση αντλήσεως (m^3)

Και τα ηλεκτρικά μεγέθη σε κάθε χρονική περίοδο j:

P_{lj} : το φορτίο κατά το διάστημα j

P_{sj} : η παραγωγή των συμβατικών μονάδων κατά το διάστημα j

P_{ij} : οι απώλειες κατά το διάστημα j

P_{rj} : Η παρεχόμενη ισχύς στο δίκτυο κατά το διάστημα j

P_{Hj} : η Ισχύς υδροηλεκτρικών σταθμών κατά το διάστημα j

Με τις χρονικές περιόδους κατά τη διάρκεια της ημέρας να διακρίνονται σε δύο κατηγορίες με αντίστοιχους δείκτες:

[k]: παραγωγή

[i]: άντληση

Συνεπώς, η συνολική συνάρτηση Lagrange θα είναι [26]:

$$L = \sum_{[k]} L_k + \sum_{[i]} L_i + \varepsilon_s(V_l - V_s) + \varepsilon_e(V_{25} - V_e) \quad (4.25)$$

Όπου:

V_s : ο αρχικός όγκος

V_e : ο τελικός όγκος
 ϵ_s : πολλαπλασιαστής Lagrange
 ϵ_e : πολλαπλασιαστής Lagrange

Στην οποία έχουν προστεθεί και οι περιορισμοί αρχής και πέρατος της συνολικής ημερήσιας περιόδου της δεξαμενής. Στη σχέση αυτή οι ώρες κατά τις οποίες ο υδροηλεκτρικός σταθμός είναι εκτός λειτουργίας μπορούν να θεωρηθούν σαν ώρες αντήλσεως ή παραγωγής με $P_{Hi} = P_{Hk} = 0$. Για την εύρεση του ελαχίστου της $F_\sigma = \sum F_j$ μηδενίζονται οι μερικές παράγωγοι της L , ως προς τις μεταβλητές P_s , P_H και V

4.7 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

4.7.1 Αιολική ενέργεια

Οι ανεμογεννήτριες είναι ηλεκτρομηχανολογικές μηχανές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρισμό, είτε σε σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο με ή χωρίς τη μεσολάβηση μετατροπών, είτε τροφοδοτώντας ένα αυτόνομο σύστημα. Στην αγορά κυριαρχούν οι μηχανές οριζοντίου άξονα, ενώ υπάρχουν και οι μηχανές κατακόρυφου άξονα [31].

Η ανεμογεννήτρια αντλεί την ισχύ της από τον άνεμο καθώς μετατρέπει τη δύναμη του σε κινητήρια ροπή που δρα πάνω στα πτερύγια της μηχανής. Το μέγεθος της ενέργειας που ο άνεμος μεταφέρει στο δρομέα εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα, την επιφάνεια του δρομέα και την ταχύτητα του ανέμου. Η στιγμιαία ισχύς P υπολογίζεται από τη σχέση (4.26) [31]:

$$P = \left(\frac{\rho_a}{2} V^2\right) VA \quad (4.26)$$

Όπου:

ρ_a : η πυκνότητα του ρεύματος αέρα, σε (kg/m³),

A : η επιφάνεια του δρομέα, σε (m²),

V : η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου, σε (m/s).

Ο δρομέας της μηχανής αποδίδει μικρότερη ισχύ από τη θεωρητική ισχύ του ανέμου, η οποία δίνεται από τη σχέση (4.27):

$$P = c_p \frac{\rho_a}{2} * V^3 * A \quad (4.27)$$

Όπου c_p ο συντελεστής ισχύος, ο οποίος εκφράζει την απόδοση της μηχανής και είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την προσδιδόμενη θεωρητική ισχύ του ανέμου.

4.7.2 Ηλιακή ενέργεια

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ή συνοπτικότερα των φωτοβολταϊκών γεννητριών. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες περιλαμβάνουν πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά και παράλληλα και επιπλέον τις διατάξεις ελέγχου και προστασίας ή και μετατροπής του παραγομένου Συνεχούς Ρεύματος (ΣΡ) σε Εναλλασσόμενο (ΕΡ) [29].

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες ανάλογα με το βαθμό πολυπλοκότητας τους κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες [29]:

- Τις απλές φωτοβολταϊκές γεννήτριες, στις οποίες τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τοποθετούνται σε σταθερά επίπεδα.
- Τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες με κινητά πλαίσια φωτοβολταϊκών στοιχείων, τα οποία παρακολουθούν την πορεία του ηλίου στον ουρανό, κατά τρόπο ώστε να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, επιτυγχάνοντας μία αύξηση της παραγόμενης ενέργειας μέχρι 50%.
- Τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες στις οποίες η ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνεται πάνω στα φωτοβολταϊκά στοιχεία με τη χρήση φακών ή κατόπτρων.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας I_ϕ στο κεκλιμένο επίπεδο ενός συλλέκτη προσανατολισμένου προς το Νότο υπολογίζεται από τη σχέση (4.28) [29]:

$$I_\phi = I_B \cos\phi + I_{DF} \cos^2\left(\frac{\beta_\sigma}{2}\right) + I_G r_a \sin^2\left(\frac{\beta_\sigma}{2}\right) \quad (4.28)$$

Όπου:

I_G : η ολική σε οριζόντια επιφάνεια ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2),

I_B και I_{DF} : η άμεση και η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, αντίστοιχα,

β_σ : η κλίση του επιπέδου του συλλέκτη,

r_a : ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους,

ϕ : η γωνία προσπτώσεως, δηλαδή η γωνία των ακτινών του ηλίου με την κάθετο στο επίπεδο του συλλέκτη.

Η γωνία ϕ υπολογίζεται από τη σχέση (4.29) [29]:

$$\cos\phi = \cos(\theta - \theta_\sigma) \cos\delta \cos\omega + \sin(\theta - \theta_\sigma) \sin\delta \quad (4.29)$$

Όπου

δ : η απόκλιση του ήλιου,

ω : η ωριαία γωνία του ήλιου,

θ : η γωνία του αζιμουθίου,

θ_σ : η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη, δηλαδή η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, μεταξύ της προβολής της καθέτου στην επιφάνεια του συλλέκτη και του τοπικού μεσημβρινού βορρά-νότου.

Επιπρόσθετα, ισχύει η σχέση (4.30) [29]:

$$I_G = \frac{I_B \cos\beta + I_{DF}}{1 - r_g r_s} \quad (4.30)$$

Όπου

β : η γωνία ύψους του ήλιου,

r_s : ο συντελεστής ανακλάσεως του ουρανού,

r_g : συντελεστής ανακλάσεως του εδάφους.

Τα κύρια μέρη μίας φωτοβολταϊκής εγκαταστάσεως είναι :

- Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η οποία μετατρέπει την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική (τάση-ένταση ΣΡ).

- Η διάταξη μετατροπής μέσω της οποίας η παραγόμενη τάση – ένταση ΣΡ προσαρμόζεται προς την κατανάλωση ή το δίκτυο ή και την εγκατάσταση συσσωρεύσεως ηλεκτρικής ενέργειας.

4.8 Προσθήκη ΑΠΕ σε προβλήματα κατανομής μονάδων παραγωγής

Σε ένα δίκτυο ΣΗΕ, το οποίο καλείται να καλύψει συγκεκριμένη ζήτηση, η σύνδεση ανεμογεννητριών ή και σε μικρότερο βαθμό φωτοβολταϊκών γεννητριών, μπορεί να διαταράξει σημαντικά τη λειτουργία του. Η διαταραχή αυτή δεν είναι τόσο σημαντική όταν το ποσοστό της παραγόμενης από ΑΠΕ ισχύος ως προς την συνολικά παραγόμενη ισχύ είναι σχετικά μικρό, όσο όταν η ισχύς από ΑΠΕ είναι ικανή να επηρεάσει τον προγραμματισμό λειτουργίας των μονάδων παραγωγής του ΣΗΕ. Έτσι επηρεάζεται η χρονική ένταση (θέση και λειτουργία) των συμβατικών μονάδων παραγωγής [29].

Κάθε στιγμή στο δίκτυο το άθροισμα της παραγωγής των ΑΠΕ και των συμβατικών μονάδων παραγωγής πρέπει να ισούται με το άθροισμα του φορτίου ζήτησης, των απωλειών και της εφεδρείας. Έτσι ο προγραμματισμός της παραγωγής των συμβατικών μονάδων πρέπει να βασίζεται σε μελέτες και προβλέψεις της παραγωγής ΑΠΕ βάσει των καιρικών συνθηκών την εκάστοτε περίοδο. Ακόμα, η εφεδρεία του συστήματος πρέπει να είναι ικανή να καλύψει τυχόν αποκλίσεις, αλλά και ενδεχόμενη βλάβη κάποιας μονάδας. Κατά τον προγραμματισμό πρόβλεψης το σημείο λειτουργίας επιλέγεται βάσει της πρόγνωσης των καιρικών συνθηκών την εκάστοτε περίοδο. Στον προγραμματισμό κατά τον πραγματικό χρόνο το σημείο λειτουργίας επιλέγεται βάσει της πραγματικής ισχύος που παρέχεται από ΑΠΕ σύμφωνα με συγκεκριμένες μετρήσεις [30].

Οι μεταβολές που μπορούν να επιφέρουν οι ΑΠΕ και συγκεκριμένα η σύνδεση ανεμογεννητριών στο δίκτυο μπορούν να προσομοιωθούν με τη χρήση συγκεκριμένων μοντέλων και τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα μοντέλα προσομοίωσης αποτελούνται από το λογιστικό μοντέλο, το μοντέλο μονίμου καταστάσεως λειτουργίας και το μοντέλο δυναμικής αναλύσεως. Αναλυτικότερα, με το λογιστικό μοντέλο προσομοιώνεται η λειτουργία των ντιζελογεννητριών και των αιολικών πάρκων, βασιζόμενο στη λογική που ακολουθείται από τους χειριστές του σταθμού καθώς και την οικονομικότερη λειτουργία. Έτσι σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των σταθμών και των ΑΠΕ καθώς και των καιρικών φαινομένων και κατάλληλων χρονοσειρών φορτίου δίνεται η παραγόμενη ανά μονάδα ενέργεια, οι καταναλώσεις κλπ. Με το μοντέλο μονίμου καταστάσεως λειτουργίας υπολογίζονται ανά γραμμή μέσης τάσης οι επιπτώσεις της συνδέσεως των ανεμογεννητριών στις τάσεις του δικτύου και οι απώλειες και καθορίζονται τα τυχόν απαιτούμενα μέτρα αντισταθμίσεως. Τέλος, το μοντέλο δυναμικής αναλύσεως χρησιμοποιείται κατά τις έκτακτες καταστάσεις, όπου εξετάζεται η συμπεριφορά και η ευστάθεια του ΣΗΕ, λαμβανομένης υπόψη τη λειτουργία των προστασιών, οι οποίες επίσης προσομοιώνονται [29].

Ο τρόπος λειτουργίας των σταθμών αλλάζει ριζικά όταν υπάρχουν ΑΠΕ και συγκεκριμένα αιολικά πάρκα, λόγω της αδυναμίας ελέγχου και της αστάθειας της παραγόμενης από ΑΠΕ ισχύος. Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην οικονομική λειτουργία των σταθμών, καθώς χρειάζεται η διατήρηση αυξημένης εφεδρείας, που μπορεί να οδηγήσει στην ανάγκη λειτουργίας μακριά από το σημείο βέλτιστης ειδικής κατανάλωσης και αυξάνεται ο αριθμός των εκκινήσεων / κρατήσεων, που επιφέρει αυξημένη κατανάλωση και φθορά των ντιζελογεννητριών. Η εκτίμηση των επιπτώσεων μπορεί να γίνει βάσει χρονοσειρών φορτίου και ανέμου (στην περίπτωση των αιολικών) για μία ορισμένη χρονική περίοδο και προσομοίωση της λειτουργίας του σταθμού κατά τη χρονική αυτή περίοδο. Οι υπολογισμοί για διάφορα σενάρια διεισδύσεως ΑΠΕ, η αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων και η διερεύνηση των

επιπτώσεων των διαφόρων παραμέτρων δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της βέλτιστης λύσης. Όλα τα παραπάνω γίνονται με τη χρήση ειδικών προγραμμάτων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές [29].

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστεί ο τρόπος κατανομής των μονάδων όταν το βέλτιστο σημείο βασίζεται μόνο στο κόστος λειτουργίας των μονάδων, υποθέτοντας ότι όλες οι μονάδες παραγωγής παρέχουν ισχύ στο δίκτυο από τον ίδιο κόμβο, γνωρίζοντας τις απώλειες του δικτύου (p), καθώς και τη συνολική ενεργό ισχύ που απαιτείται από τις συμβατικές μονάδες $\sum_i P_{ti}$, όπου P_{ti} είναι η ισχύς που παρέχεται από κάθε μονάδα ξεχωριστά. Σκοπός είναι ο προσδιορισμός της πιο οικονομικής κατανομής της $\sum_i P_{ti}$. Εάν το κόστος κάθε μονάδας για την παραγωγή της αντίστοιχης P_{ti} συμβολίζεται με C_i , τότε πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό αυτό κόστος (σχέση 4.31) [30]:

$$\min \sum_i C_i(P_{ti}) \quad (4.31)$$

Υπό τους εξής περιορισμούς :

$$P_c + p - P_{ΑΠΕ} - \sum_i P_{ti} = 0 \quad (4.32)$$

και

$$P_{ti \min} \leq P_{ti} \leq P_{ti \max} \quad (4.33)$$

Όπου

P_c η συνολική ζήτηση

p οι απώλειες του δικτύου

$P_{ΑΠΕ}$ η παρεχόμενη ισχύς από ΑΠΕ

$P_{ti \min}, P_{ti \max}$: το κάτω και άνω όριο παραγωγής αντίστοιχα της κάθε μονάδας παραγωγής.

Επιλύοντας με τη μέθοδο Kuhn-Tucker βρίσκεται η βέλτιστη λύση της εξίσωσης Lagrange (σχέση 4.34) [30]:

$$L = \sum_i C_i(P_{ti}) + \lambda \left(P_c + p - P_{ΑΠΕ} - \sum_i P_{ti} \right) + \sum_i \lambda'_i (P_{ti \min} - P_{ti}) + \sum_i \lambda''_i (P_{ti} - P_{ti \max}) \quad (4.34)$$

Για $\frac{dL}{dP_{ti}} = 0$ για κάθε $i = 1, \dots, n_t$, όπου n_t το πλήθος των συμβατικών μονάδων παραγωγής

Και $\lambda'_i = 0$ αν $P_{ti} > P_{ti \min}$, $\lambda'_i \geq 0$ αν $P_{ti} = P_{ti \min}$

Καθώς και $\lambda''_i = 0$ αν $P_{ti} < P_{ti \max}$, $\lambda''_i \geq 0$ αν $P_{ti} = P_{ti \max}$

5. Ανάπτυξη κώδικα σε MATLAB

5.1 Δεδομένα - Θεωρία υπολογισμών

Για τις ανάγκες τις εργασίας δημιουργήθηκαν κάποια προγράμματα σε περιβάλλον MATLAB. Αρχικά υπολογίστηκε η παραγόμενη ισχύς των φωτοβολταϊκών, όπου ακολουθούν οι τύποι και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, με δεδομένα τη θερμοκρασία περιβάλλοντος $T_{amb,i}$, την ηλιακή ακτινοβολία G_i και την ταχύτητα του ανέμου V_i . Οι μετεωρολογικές πληροφορίες για τη μελετώμενη τοποθεσία προέρχονται από την πηγή [32] και αποτελούν πραγματικά δεδομένα. Επειδή δεν βρέθηκαν πραγματικά δεδομένα για την μελετώμενη περιοχή, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα περιοχής με όσο δυνατόν πιο κοντινό κλίμα με τη μελετώμενη περιοχή. Η χρονική στιγμή για την παρούσα εργασία είναι ανά ώρα και η χρονική περίοδος του δείγματος είναι ένα έτος.

Για τον υπολογισμό αυτό χρειάζονται οι απώλειες παραγωγής από τις φωτοβολταϊκές κυψέλες λόγω απόκλισης από τις συνθήκες σχεδιασμού. Έτσι υπολογίζεται η θερμοκρασία που επικρατεί στις κυψέλες καθώς μειώνει την απόδοση τους (σχέση 5.1) [33]

$$T_{cell}(i) = \frac{Alpha \cdot G(i)(1 - Eff)}{U(i)} + T_{amb}(i) \quad (5.1)$$

Όπου:

$T_{cell}(i)$: η θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής κυψέλης για κάθε χρονική στιγμή i , σε °C.

Alpha: Ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, ίσος με 0.9, αδιάστατος αριθμός.

$G(i)$: η ηλιακή ακτινοβολία κάθε χρονική στιγμή i , σε W/m^2

Eff: Ο βαθμός απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Δίνεται από τον κατασκευαστή και ισούται με 17,21% για τα πλαίσια Axitec AXIpower AC-280P/156-60S της από Europe – solarstore που χρησιμοποιούνται στη δεδομένη μελέτη.

$U(i)$: ο συντελεστής απωλειών, μετρούμενος σε W/m^2K

$T_{amb}(i)$: η θερμοκρασία περιβάλλοντος για κάθε χρονική στιγμή i , σε °C.

Από τα παραπάνω στοιχεία άγνωστος είναι μόνο ο συντελεστής απωλειών. Ο συντελεστής αυτός αποτελείται από δύο μέρη, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό, εξαρτώμενο από την ταχύτητα του ανέμου και υπολογίζεται από την σχέση (5.2) [33]:

$$U(i) = U_c + U_v \cdot V(i) \quad (5.2)$$

Όπου

U_c : το σταθερό τμήμα του συντελεστή απωλειών, ίσο με $20W/m^2K$

U_v : το μεταβλητό τμήμα του συντελεστή απωλειών, ίσο με $6W/[(m^2K) \cdot (m/s)]$

$V(i)$: η ταχύτητα του ανέμου για κάθε χρονική στιγμή i , μετρούμενη σε m/s

Με δεδομένα τα στοιχεία αυτά μπορεί να προσδιοριστεί η στιγμιαία θεωρητική ισχύς στους ακροδέκτες των φωτοβολταϊκών πλαισίων ανά χρονική στιγμή i , η οποία θεωρείται ότι παρέχεται για όλο το χρονικό διάστημα $\Delta t = 1$ ώρα, για τις ανάγκες της εργασίας αυτής, σχέση (5.3) [33]

$$P_{PV}(i) = \frac{G(i)}{1000} \cdot P_{Peak} \cdot (1 + a \cdot \Delta\theta) \quad (5.3)$$

Όπου:

$P_{PV}(i)$: η στιγμιαία θεωρητική ισχύς ανά στοιχειοσειρά κάθε χρονική στιγμή i , σε kW

P_{Peak} : η εγκατεστημένη ονομαστική ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων ανά στοιχειοσειρά σε συνθήκες STC, μετρούμενη σε kW.

α : ο θερμοκρασιακός συντελεστής απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ίσος με 0.42% βάσει του κατασκευαστή.

$\Delta\theta$: η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της πραγματικής θερμοκρασίας της φωτοβολταϊκής κυψέλης $T_{cell}(i)$ για κάθε χρονική στιγμή i και της θερμοκρασίας των συνθηκών σχεδιασμού STC, σε °C. Με T_{STC} τη θερμοκρασία στις συνθήκες σχεδιασμού STC, ίση με 25°C.

$$\Delta\theta = T_{cell}(i) - T_{STC} = T_{cell}(i) - 25^{\circ}\text{C} \quad (5.4)$$

Για να προκύψει η στιγμιαία ισχύς στους ακροδέκτες των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να προσδιοριστεί η εγκατεστημένη ισχύς (P_{Peak}). Για x πλήθος πλαισίων των 280W_p η εγκατεστημένη ισχύς υπολογίζεται από τον τύπο που ακολουθεί [33]:

$$P_{Peak} = x \cdot 0.280 \text{ (kW)} \quad (5.5)$$

5.2 Αλγόριθμος οικονομικής κατανομής φορτίου

5.2.1 Δεδομένα υπολογισμών

Για τον κύριο αλγόριθμο της μελέτης που ακολουθεί, πριν την ανάλυση του, αξίζει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα φορτίου λιμένα. Τα δεδομένα αυτά αφορούν το λιμένα της Θεσσαλονίκης και αφορούν τα πλοία τύπου container, bulk και cruise που ελλιμενίστηκαν κατά το έτος 2015 [10]. Τα δεδομένα αυτά επεξεργάστηκαν αρκετά και δημιουργήθηκε ξεχωριστός κώδικας ώστε να φτάσουν σε διαχειρίσιμη μορφή, για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης. Συγκεκριμένα, διαθέσιμα ήταν η ημέρα και ώρα πρόσδεσης του κάθε είδους πλοίου στο λιμένα και η διάρκεια παραμονής στο κρηπίδωμα. Έπειτα, με δεδομένα τα μέγιστα και ελάχιστα φορτία των πλοίων, ανάλογα με το είδος του πλοίου, κατά τη διάρκεια παραμονής στο λιμένα χρησιμοποιήθηκε συνάρτηση ομοιόμορφης κατανομής, η οποία έδινε το φορτίο κάθε πλοίου του λιμένα ανά ώρα. Τέλος με την άθροιση των φορτίων των ελλιμενισμένων πλοίων ανά ώρα, υπολογίζεται το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος.

Τα μέγιστα και ελάχιστα φορτία ανά είδος πλοίου που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ακόλουθα:

Μέγιστο φορτίο ελλιμενισμένου κρουαζιερόπλοιο: 10MW

Ελάχιστο φορτίο ελλιμενισμένου κρουαζιερόπλοιο: 8MW

Μέγιστο φορτίο ελλιμενισμένου bulk: 2MW

Ελάχιστο φορτίο ελλιμενισμένου bulk: 600kW

Μέγιστο φορτίο ελλιμενισμένου container: 2MW

Ελάχιστο φορτίο ελλιμενισμένου container: 600kW

5.2.2 Αλγόριθμος υπολογισμού

Σε αυτό το σημείο θα περιγραφεί ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος κατανομής του φορτίου μεταξύ των θερμικών μονάδων, των φωτοβολταϊκών και του μέσου αποθήκευσης ανά ώρα της ημέρας. Ο κύκλος αποθήκευσης του αποθηκευτικού μέσου ορίστηκε στη μία ημέρα και η περίοδος μελέτης είναι ένα έτος. Έτσι το αποθηκευτικό μέσο ξεκινάει με αρχική αποθηκευμένη ενέργεια τη μέγιστη που μπορεί να έχει, προσδίδει ενέργεια στο σύστημα τις ώρες αιχμής, απορροφά ενέργεια από το σύστημα τις ώρες χαμηλής ζήτησης και καταλήγει στο τέλος της ημέρας πλήρως φορτισμένο. Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η αντλησιοταμίευση και οι ηλεκτροχημικές μπαταρίες. Ακολουθεί αλγόριθμος που αναπτύχθηκε και

στη συνέχεια εκτελέστηκε με τον κατάλληλο τρόπο σε περιβάλλον Matlab, με τους υπολογισμούς αυτούς να γίνονται ανά ώρα της ημέρας.

Αρχικά εισάγεται το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί κάθε ώρα της ημέρας, για ένα ολόκληρο έτος καθώς και η παραγωγή των φωτοβολταϊκών, η οποία υπολογίστηκε στο προηγούμενο πρόγραμμα όπως αναλύθηκε. Στη συνέχεια αφαιρείται η παραγόμενη ισχύς των φωτοβολταϊκών από το συνολικό φορτίο. Θεωρείται ότι για κάθε ώρα ισχύει ο περιορισμός ότι η παραγόμενη ισχύς των φωτοβολταϊκών δεν μπορεί να ξεπεράσει το φορτίο ζήτησης. Έτσι, το εναπομένον φορτίο είναι αυτό που θα καλυφθεί από τις συμβατικές μονάδες και το σύστημα αποθήκευσης. Για τις συμβατικές μονάδες θεωρείται ότι χρησιμοποιούνται ημονάδες και ότι τοποθετούνται όλες στον ίδιο ζυγό. Στην αρχή του αλγόριθμου επίλυσης του προβλήματος αυτού υπολογίζεται το φορτίο των συμβατικών, χωρίς τη συμβολή του αποθηκευτικού μέσου, βάσει του κόστους καυσίμου της κάθε συμβατικής μονάδας i , το οποίο θεωρείται ότι έχει τη μορφή ενός πολυωνύμου δευτέρου βαθμού ($F_{TH,i} = a_i + b_i \cdot P_{TH}(j) + c_i \cdot P_{TH}^2(j)$). Βάσει αυτού και του φορτίου ζήτησης P_{Load} υπολογίζεται ο συντελεστής Lagrangian λ_{TH} και στη συνέχεια με χρήση αυτού υπολογίζεται η ισχύς των θερμικών $P_{TH,i}$ χωρίς να ληφθεί υπόψη το αποθηκευτικό μέσο, για κάθε ώρα j (όπου $j=1, \dots, 24$) [34].

$$\lambda_{TH}(j) = \frac{P_{Load}(j) + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{2 \cdot c_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2 \cdot c_i}} \quad (5.6)$$

$$P_{TH,i}(j) = \frac{\lambda_{TH}(j) - b_i}{2 \cdot c_i} \quad (5.7)$$

Στη συνέχεια αρχικοποιείται ο συντελεστής Lagrangian w_j για το ενεργειακό ισοζύγιο του αποθηκευτικού μέσου για το μεσοδιάστημα $dT_j = 1$ ώρα, με $T=24$ ώρες.

$$w^{(0)} \cong \frac{1}{T^2} \cdot \sum_{j=1}^N \lambda_{TH}(j) \cdot dT_j \quad \text{και} \quad w^{(1)} \cong w^{(0)} \cdot 1,01 \quad (5.8)$$

Ακολουθεί ο υπολογισμός του οριακού κόστους της ενέργειας για τη λειτουργία αποθήκευσης $\lambda_{storage}$ και παραγωγής λ_{gen} του αποθηκευτικού μέσου.

$$\lambda_{storage} = n_{storage} \cdot T \cdot w, \quad \lambda_{gen} = \frac{w \cdot T}{n_{gen}} \quad (5.9)$$

Όπου:

$n_{storage}$: ο βαθμός απόδοσης της αποθήκευσης του αποθηκευτικού μέσου

n_{gen} : ο βαθμός απόδοσης της παραγωγής του αποθηκευτικού μέσου

Οι καταστάσεις λειτουργίας του μέσου αποθήκευσης είναι τρεις, όπου σύμφωνα με την πηγή [34] διαχωρίζονται με τον ακόλουθο τρόπο:

- Φάση αποθήκευσης όταν $\lambda_{TH}(j) \leq \lambda_{storage}$
- Φάση μη λειτουργίας όταν $\lambda_{storage} \leq \lambda_{TH}(j) \leq \lambda_{gen}$
- Φάση παροχής ενέργειας όταν $\lambda_{gen} \leq \lambda_{TH}(j)$

Κατά τη φάση αποθήκευσης:

Η ισχύς των θερμικών $P_{TH}(j)$, η ισχύς που απορροφάται από το αποθηκευτικό μέσο $P_{storage}(j)$ και η αποθηκευμένη ενέργεια του συστήματος υπολογίζονται από τους τύπους:

$$P_{TH,i}(j) = \frac{\lambda_{storage} - b_i}{2 \cdot c_i} \quad (5.10)$$

$$P_{storage}(j) = \sum_{i=1}^n P_{TH,i}(j) - P_{Load}(j) \quad (5.11)$$

$$E(j) = E(j-1) + n_{storage} \cdot P_{storage}(j) \cdot dT \quad (5.12)$$

Και ακολουθούν οι έλεγχοι:

Σε περίπτωση που $E(j) \geq E_{max}$ τότε

$$\bullet \quad E(j) = E_{max} \quad (5.13)$$

$$\bullet \quad P_{storage}(j) = \frac{E_{max} - E(j-1)}{n_{storage} \cdot dT} \quad (5.14)$$

- Και ακολουθεί νέα οικονομική κατανομή του φορτίου των θερμικών.

Σε περίπτωση που $P_{storage}(j) \geq P_{storage_max}$ τότε

$$\bullet \quad P_{storage}(j) = P_{storage_max} \quad (5.15),$$

$$\bullet \quad E(j) = E(j-1) + \frac{P_{storage}(j) \cdot dT}{n_{storage}} \quad (5.16)$$

- Και ακολουθεί νέα οικονομική κατανομή του φορτίου των θερμικών.

Σε περίπτωση που $P_{storage}(j) < P_{storage_min}$ τότε

$$\bullet \quad P_{storage}(j) = 0 \quad (5.17),$$

$$\bullet \quad E(j) = E(j-1) \quad (5.18)$$

- Και το φορτίο των θερμικών ισούται με εκείνο που υπολογίστηκε στην αρχή, χωρίς την ύπαρξη του αποθηκευτικού μέσου.

Κατά τη μη λειτουργία:

Η ισχύς των θερμικών $P_{TH,i}(j)$ και η αποθηκευμένη ενέργεια του συστήματος υπολογίζονται από τους τύπους:

$$P_{TH,i}(j) = \frac{\lambda_{TH}(j) - b_i}{2 \cdot c_i} \quad (5.19)$$

$$E(j) = E(j-1) \quad (5.20)$$

Όπου, το φορτίο των θερμικών ισούται με εκείνο που υπολογίστηκε στην αρχή, χωρίς την ύπαρξη του αποθηκευτικού μέσου.

Κατά την παροχή ενέργειας από το αποθηκευτικό μέσο:

Η ισχύς των θερμικών $P_{TH}(j)$, η ισχύς που προσδίδεται από το αποθηκευτικό μέσο $P_{gen}(j)$ και η αποθηκευμένη ενέργεια του συστήματος υπολογίζονται από τους τύπους:

$$P_{TH,i}(j) = \frac{\lambda_{gen} - b_i}{2 \cdot c_i} \quad (5.21)$$

$$P_{gen}(j) = P_{Load}(j) - \sum_{i=1}^n P_{TH,i}(j) \quad (5.22)$$

$$E(j) = E(j-1) - \frac{P_{gen}(j) \cdot dT}{n_{gen}} \quad (5.23)$$

Και ακολουθούν οι έλεγχοι:

Σε περίπτωση που $E(j) \leq E_{min}$ τότε

- $E(j) = E_{min}$ (5.24),
- $P_{gen}(j) = \frac{[E(j-1) - E(j)] \cdot n_{gen}}{dT}$ (5.25)
- και ακολουθεί νέα οικονομική κατανομή του φορτίου των θερμικών.

Σε περίπτωση που $P_{gen}(j) \geq P_{gen_max}$ τότε

- $P_{gen}(j) = P_{gen_max}$ (5.26)
- $E(j) = E(j-1) - \frac{P_{gen}(j) \cdot dT}{n_{gen}}$ (5.27)
- και ακολουθεί νέα οικονομική κατανομή του φορτίου των θερμικών.

Σε περίπτωση που $P_{gen}(j) \leq P_{gen_min}$ τότε

- $P_{gen}(j) = 0$ (5.28),
- $E(j) = E(j-1)$ (5.29)
- Και το φορτίο των θερμικών ισούται με εκείνο που υπολογίστηκε στην αρχή, χωρίς την ύπαρξη του αποθηκευτικού μέσου.

Στη συνέχεια του αλγορίθμου, ακολουθεί η εξίσωση ενεργειακής ανισορροπίας:

$$\varepsilon^{(n)} = E(T) - E_{fin} \quad (5.30)$$

Όπου

$E(T)$: Η διαθέσιμη ενέργεια στο αποθηκευτικό μέσο κατά την ώρα T (τελευταία ώρα)

E_{fin} : η διαθέσιμη ενέργεια του αποθηκευτικού μέσου στο τέλος του κύκλου. ($E_{fin} = E_{initial}$)

Ακολουθεί έλεγχος τις ενεργειακής ανισορροπίας [34].

Στην περίπτωση που $|\varepsilon(n)| \leq \text{convergencelimit}$, όπου εστώ, τι $\text{convergencelimit} = 1/10000 E_{max}$, τότε γίνεται έλεγχος των ορίων των συμβατικών γεννητριών και αν η λύση είναι εντός ορίων, τότε γίνεται έξοδος, διαφορετικά η παραγωγή των γεννητριών τίθεται ίση με το παραβιαζόμενο όριο και ο αλγόριθμος τρέχει από την αρχή.

Στην περίπτωση που $|\varepsilon(n)| > \text{convergencelimit}$ τότε προσδιορίζεται το $w^{(n)}$ μέσω της μεθόδου Newton-Raphson.

$$w^{(n)} = w^{(n-1)} - \frac{w^{(n-1)} - w^{(n-2)}}{\varepsilon^{(n-1)} - \varepsilon^{(n-2)}} \cdot \varepsilon^{(n-1)} \quad (5.31)$$

Και ο αλγόριθμος επαναλαμβάνεται από το σημείο υπολογισμού των $\lambda_{storage}$ και λ_{gen} .

5.3 Διαστασιολόγηση Παραγωγής Φ/Β και αποθήκευσης

Μετά τη δημιουργία των προγραμμάτων που αναλύθηκαν έγινε η διαστασιολόγηση του μεγέθους της παραγωγής των φωτοβολταϊκών και του μεγέθους της αποθήκευσης. Η επιλογή των μεγεθών παραγωγής και αποθήκευσης έγινε με δοκιμές για την εύρεση της πιο οικονομικής επιλογής από την πλευρά του λιμένα.

5.4 Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης

Η διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης του λιμένα έγινε για την πλήρη κάλυψη του φορτίου των ελλιμενισμένων πλοίων, κάθε ώρα του έτους, βάσει των δεδομένων ελλιμενισμού των τριών κατηγοριών πλοίων που μελετώνται. Έτσι αναλόγως του σεναρίου που μελετάται

διαφοροποιείται η διαστασιολόγηση του συστήματος. Σε κάθε σενάριο που ακολουθεί παρουσιάζεται και η ανάλογη διαστασιολόγηση. Στην περίπτωση της παροχής υψηλής τάσης η τιμολόγηση πραγματοποιείται πλέον σύμφωνα με διμερή συμβόλαια που συνάπτονται μεταξύ του παρόχου και του πελάτη. Έτσι, λόγω έλλειψης δεδομένων τιμολόγησης στα τιμολόγια υψηλής τάσης, στην παρούσα μελέτη θα ζητηθεί επιμερισμός του φορτίου σε μικρότερες παροχές, όπου χρειάζεται ώστε να γίνει η τιμολόγηση στη μέση τάση, για την οποία είναι διαθέσιμα δεδομένα. Τα πλοία, το φορτίο των οποίων μελετάται, παρουσιάζουν έναν συντελεστή ισχύος $\text{συνφ}=0,8$ [10].

5.5 Επιλογή μετασχηματιστών και μετατροπέων εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης

Στις προβλήτες βρίσκονται μετασχηματιστές και μετατροπείς. Οι απώλειες τους συμβάλλουν στο συνολικό φορτίο. Οι απώλειες των μετασχηματιστών υπολογίζονται βάσει του μεγέθους των χρησιμοποιούμενων μετασχηματιστών. Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται η χρήση ορισμένων μετασχηματιστών και μετατροπέων για τις ανάγκες υπολογισμού των απωλειών τους και κατ' επέκταση του συνολικού φορτίου του λιμένα. Η επιλογή αυτή έγινε σύμφωνα με το μέγιστο φορτίο που παρουσιάζουν μέσα στο έτος. Το μέγιστο αυτό φορτίο έχει μικρή διάρκεια μέσα στο έτος, γι' αυτό σε περίπτωση ολιγόωρης υπερφόρτισης των μετασχηματιστών της τάξεως του 20% της εγκατεστημένης ισχύος τους θεωρείται ότι δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα.

Για τα πλοία τύπου κρουαζιερόπλοιο που στο σύνολό τους παρουσιάζουν ένα μέγιστο φορτίο 19MW, με συντελεστή ισχύος 0,8, επιλέγεται η χρήση 2*12,5MVA μετασχηματιστών και μετατροπέων.

Για τα πλοία τύπου container που στο σύνολό τους παρουσιάζουν ένα μέγιστο φορτίο 8MW, με συντελεστή ισχύος 0,8 επιλέγεται η χρήση 4*2,5MVA μετασχηματιστών και μετατροπέων.

Για τα πλοία τύπου bulk που σύνολό τους παρουσιάζουν ένα μέγιστο φορτίο 16MW, με συντελεστή ισχύος 0,8 επιλέγεται η χρήση 8*2,5MVA μετασχηματιστών και μετατροπέων.

5.6 Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης

Ακολουθεί ο υπολογισμός του συνολικού κόστους της εγκατάστασης από την πλευρά του λιμένα. Το κόστος αυτό αφορά την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου και την αγορά αγροτεμαχίου για την τοποθέτηση του, το αποθηκευτικό μέσο και το σύστημα ψυχρής εκκίνησης από την πλευρά του λιμένα.

Για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου χρησιμοποιήθηκαν πάνελ των 280Wr, όπως έχει αναφερθεί. Τα πάνελ αυτά θεωρείται ότι θα τοποθετηθούν σε απόσταση από τη θάλασσα με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν ειδικά και πιο ακριβά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Ο υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου έγινε από τον ακόλουθο τύπο:

$$Cost_{PV\ park} = CRF_{PV} * C_{PV\ nom} * \underset{kW}{cost_{PV}} * \sigma \quad (5.32)$$

Όπου:

CRF_{PV} : (Capital Recovery Factor) ο συντελεστής ανακτήσεως κεφαλαίου ή τοκοχρεωλύσιο μίας νομισματικής μονάδας και υπολογίζεται όπως αναφέρεται στην παράγραφο 3.2.1 για επιτόκιο $i=8\%$ και χρόνο ζωής $n=15$ έτη,

$C_{PV\ nom}$: Η εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου για χρήση Φ/Β πλαισίων των 280Wr, η οποία είναι διαφορετική σε κάθε σενάριο λόγω βελτιστοποίησης,

$Cost_{PV/kW}$: Το κόστος :

- των φωτοβολταϊκών πανέλων ανά kW, δεδομένης της τιμής του ενός πάνελ των 280 Wp από τον κατασκευαστή που επιλέχθηκε, η οποία είναι 122€/πάνελ [35],
- και του μετατροπέα ανά kW, (χρησιμοποιήθηκε ο μετατροπέας ABB TRIO-8.5-TL-OUTD-S, με τιμή 1928 €/kW [35].

σ: συντελεστής προσαύξησης ($\sigma = 1,15$), για λοιπά ηλεκτρολογικά – μηχανολογικά υλικά.

Στη συνέχεια υπολογίζεται και το κόστος αγοράς του αγροτεμαχίου για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών. Η έκταση αυτή υπολογίζεται από την καθαρή έκταση κάλυψης των φωτοβολταϊκών προσαυξημένη κατά 56% για αποφυγή σκιάσεων, συντηρήσεις κλπ [36]. Το κόστος αυτό υπολογίζεται για διάφορες τιμές ανά τετραγωνικό μέτρο και με χρονική περίοδο απόσβεσης τα 25 έτη, ώστε να έχει μία γρήγορη απόσβεση ο λιμένας. Οι τιμές του αγροτεμαχίου εξαρτώνται από τη ζώνη στην οποία ανήκει αυτό. Αν ανήκει σε αγροτική περιοχή η τιμή του ξεκινάει από 0,5 €/m² και φτάνει λίγο πάνω από τα 10€/m², για βιομηχανική ζώνη οι τιμές είναι από 50€/m² και φτάνει έως τα 200€/m² περίπου και τέλος για οικιστική ζώνη οι τιμές ξεκινούν από 100€/m² και μπορούν να ξεπεράσουν τα 1000€/m² [37]. Έτσι επιλέχθηκαν οι τιμές 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m² και 1000€/m² για τα σενάρια που ακολουθούν

Το σύστημα αποθήκευσης που χρησιμοποιήθηκε είναι η αντλησιοταμίευση. Το κύριο κόστος κεφαλαίου που απαιτείται για αυτό αφορά το άνω και κάτω ρεζερβουάρ, την αντλία, την τουρμπίνα και την αγορά έκτασης στην οποία θα τοποθετηθεί.

Ο υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης του άνω και κάτω ρεζερβουάρ, της αντλίας και της τουρμπίνας έγινε από τους ακόλουθους τύπους:

$$Cost_{res} = CRF_{res} * Square_{meters_{res}} * cost_{res \frac{\text{€}}{\text{m}^2}} * \sigma \quad (5.33)$$

$$Cost_{pump} = CRF_{pump} * C_{pump_{nom}} * cost_{pump \frac{\text{€}}{\text{kW}}} * \sigma \quad (5.34)$$

$$Cost_{turbine} = CRF_{turbine} * C_{turbine_{nom}} * cost_{turbine \frac{\text{€}}{\text{kW}}} * \sigma \quad (5.35)$$

$$Cost_{land} = CRF_{land} * Square_{meters_{land}} * cost_{land \frac{\text{€}}{\text{m}^2}} * \sigma \quad (5.36)$$

Όπου:

CRF : (CapitalRecoveryFactor) ο συντελεστής ανακτήσεως κεφαλαίου ή τοκοχρεωλύσιο μίας νομισματικής μονάδας και υπολογίζεται όπως αναφέρεται στην παράγραφο 3.2.1

- CRF_{res} : αφορά το άνω και κάτω ρεζερβουάρ, για επιτόκιο $i=8\%$ και χρόνο $n=35$ έτη [38]
- CRF_{pump} : αφορά την αντλία, για επιτόκιο $i=8\%$ και χρόνο $n=10$ έτη [38]
- $CRF_{turbine}$: αφορά την τουρμπίνα, για επιτόκιο $i=8\%$ και χρόνο $n=10$ έτη [38]
- CRF_{land} : αφορά το κόστος αγοράς του αγροτεμαχίου για την τοποθέτηση του συστήματος αποθήκευσης, για επιτόκιο $i=8\%$ και χρόνο $n=25$ έτη για γρήγορη απόσβεση, όπως αναφέρεται στην ίδια παράγραφο στον υπολογισμό κόστους φωτοβολταϊκών.

$Square_{meters_{res}}$: το σύνολο των τετραγωνικών μέτρων που καταλαμβάνουν οι δεξαμενές, θεωρώντας ότι το ύψος της στάθμης του νερού σε αυτές είναι στα 4m (αυτή η θεώρηση έγινε καθαρά για θέμα υπολογισμών).

$C_{pump_{nom}}$: η ισχύς της αντλίας (σε kW), θεωρώντας ότι για 556kWh ικανότητα αποθήκευσης χρησιμοποιείται τουρμπίνα των 40kW, αναλογία οικονομικά βιώσιμης λύσης για υδροηλεκτρικά [39].

$C_{turbine_{nom}}$: η ισχύς της τουρμπίνας (σε kW), θεωρώντας ότι για 556kWh ικανότητα αποθήκευσης χρησιμοποιείται τουρμπίνα των 40kW, αναλογία οικονομικά βιώσιμης λύσης για υδροηλεκτρικά [38].

$Square_meters_{land}$: τα τετραγωνικά μέτρα της έκτασης που χρησιμοποιήθηκε (και για τα δύο ρεζερβουάρ).

$cost_{res} \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$: το κόστος του ενός ρεζερβουάρ, το οποίο ανέρχεται στα 170€/m² [38].

$cost_{pump} \frac{\text{€}}{\text{kW}}$: το κόστος της αντλίας, για χρήση αντλίας μεταβλητής ταχύτητας, το οποίο ανέρχεται στα 1075€/m² [38].

$cost_{turbine} \frac{\text{€}}{\text{kW}}$: το κόστος της τουρμπίνας, το οποίο ανέρχεται στα 1000€/m² [38].

$cost_{land} \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$: το κόστος αγοράς έκτασης, το οποίο εξετάζεται για τις περιπτώσεις 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², όπως ακριβώς αναφέρεται στην ίδια παράγραφο στον υπολογισμό κόστους αγοράς έκτασης για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

σ : συντελεστής προσαύξησης ($\sigma = 1,15$).

Τα ισοδύναμα αυτά ετήσια κόστη των ρεζερβουάρ ($Cost_{res}$), της αντλίας ($Cost_{pump}$), της τουρμπίνας ($Cost_{turbine}$) και της αγοράς έκτασης ($Cost_{land}$), για την κάθε περίπτωση κόστους αγοράς έκτασης, αθροίζονται και έτσι υπολογίζεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του συστήματος αποθήκευσης.

Το κύριο κόστος της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας αφορά το κόστος των ρεζερβουάρ, την αντλία, της τουρμπίνας και της αγοράς έκτασης, όπως αναφέρθηκε. Τα κόστη αυτά προσαυξάνονται κατά 15% (συντελεστής προσαύξησης σ) για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους της εγκατάστασης αποθήκευσης.

Ο υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης (cold ironing) έγινε από τον ακόλουθο τύπο:

$$Cost_{CI} = CRF_{CI} * C_{CI\ nom} * cost_{CI} \frac{\text{€}}{\text{kW}} * \sigma \quad (5.37)$$

Όπου:

CRF_{CI} : (Capita lRecovery Factor) ο συντελεστής ανακτήσεως κεφαλαίου ή τοκοχρεωλύσιο μίας νομισματικής μονάδας και υπολογίζεται, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 3.2.1, για επιτόκιο $i=8\%$ και χρόνο ζωής $n=25$ έτη,

$C_{CI\ nom}$: η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης,

$Cost_{CI/kw}$: το κόστος της εγκατάστασης σε €/ kW (κόστος μετασχηματιστών και μετατροπέα), θεωρήθηκε ότι ο μετασχηματιστής έχει κόστος 1000€/kVA και ότι ένας μετατροπέας των 7MVA έχει κόστος 880000€. Για τη συγκεκριμένη μελέτη έγινε χρήση δεδομένων για μετατροπείς τύπου PCS 6000 SFC 7 MVA. Οι μετατροπείς αυτοί έχουν κόστος 880000 ο καθένας.

σ : συντελεστής προσαύξησης ($\sigma = 1,15$), για λοιπά ηλεκτρολογικά – μηχανολογικά υλικά.

Το κύριο κόστος της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης αφορά το κόστος των μετασχηματιστών τάσης και των μετατροπέων. Το κόστος αυτό προσαυξάνεται κατά 15% για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους της εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης.

Τέλος το κόστος από την πλευρά του λιμένα για το σύνολο των εγκαταστάσεων του φωτοβολταϊκού πάρκου, συστήματος αποθήκευσης, συστήματος ψυχρής εκκίνησης, ή μέρους αυτών, υπολογίζεται από το άθροισμα των επί μέρους δαπανών.

5.7 Υπολογισμός απωλειών μετασχηματιστών

Οι απώλειες των μετασχηματιστών χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: στις απώλειες πυρήνα, απώλειες τυλιγμάτων (απώλειες χαλκού) και στις διαφεύγουσες απώλειες που οφείλονται στα δινορεύματα, που δημιουργούνται στα σημεία αλλαγής των μεταλλικών υλικών. Οι απώλειες πυρήνα αποτελούνται από τις απώλειες υστέρησης και δινορρευμάτων. Οι απώλειες του πυρήνα έχουν άμεση σχέση με τη συνισταμένη μαγνητική ροή. Αν διαφοροποιείται με τη φόρτιση του μετασχηματιστή ελαφρώς, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι κατά μέσο όρο η κοινή μαγνητική ροή παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από το ηλεκτρικά επιβαλλόμενο φορτίο, οπότε και οι απώλειες πυρήνα θεωρούνται σταθερές για συγκεκριμένη τάση και συχνότητα [40].

$$P_{Fe} = 0,0012 * S \quad (5.38)$$

$$P_{Cu} = 0,01 * S * \left(\frac{P_{Ev}}{\sigma_{\nu\nu\phi} * S} \right)^2 \quad (5.39)$$

Όπου:

P_{Fe} : Οι απώλειες πυρήνα ή σιδήρου,

S : η φαινομένη ισχύς του μετασχηματιστή,

P_{Cu} : οι απώλειες χαλκού,

P_{Ev} : η ενεργός ισχύς του μετασχηματιστή/το φορτίο ζήτησης

Οι συντελεστές 0,0012 και 0,01 είναι τυπικές τιμές για τις απώλειες πυρήνα και χαλκού αντίστοιχα.

Οι συνολικές απώλειες των μετασχηματιστών υπολογίζονται από το άθροισμα των απωλειών πυρήνα και χαλκού.

$$P_{\text{συνολικές απώλειες}} = P_{Fe} + P_{Cu} \quad (5.40)$$

Σχετικά με τους μετατροπείς, οι απώλειες τους είναι ανάλογες του φορτίου. Η απόδοση αυτών που χρησιμοποιήθηκαν είναι στο 98% και βάσει αυτού υπολογίζονται οι απώλειες.

5.8 Υπολογισμός τιμολογίου (πάροχος ΔΕΗ)

Το τιμολόγιο αφορά την ενέργεια που απορροφάται από το σύστημα για την κάλυψη του φορτίου του λιμένα ή και την αποθήκευση ενέργειας για τη χρήση αυτής τις ώρες αιχμής. Ανάλογα με το κάθε σενάριο το τιμολόγιο που χρησιμοποιείται μπορεί να διαφέρει. Για την επιλογή παρόχου θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη προτίμηση. Έτσι για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης επιλέχθηκε ως πάροχος η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) και για τα σενάρια που ακολουθούν χρησιμοποιήθηκαν τα τιμολόγια αυτής.

Τα τιμολόγια που μελετήθηκαν αφορούν τη Μέση Τάση, σύμφωνα με τη σύνδεση του λιμένα.

Τα διαθέσιμα τιμολόγια για μέση τάση που αφορούν το λιμένα είναι [41]:

- το γενικό τιμολόγιο ΒΓ που απευθύνεται σε εμπορικούς και βιομηχανικούς πελάτες Μέσης τάσης,

- το τιμολόγιο ΒΥ που απευθύνεται σε εμπορικούς και βιομηχανικούς πελάτες Μέσης Τάσης με Υψηλό Συντελεστή Χρησιμοποίησης,
 - το τιμολόγιο ΒΧ που απευθύνεται σε εμπορικούς και βιομηχανικούς πελάτες Μέσης Τάσης με Χαμηλό Συντελεστή Χρησιμοποίησης.
- Ο λιμένας θεωρήθηκε ότι αποτελεί εμπορικό πελάτη.

Ενδεικτικά ακολουθούν οι πίνακες χρέωσης για κάθε τύπο τιμολογίου μέσης τάσης εμπορικού πελάτη (οι χρεώσεις αυτές ισχύουν την περίοδο άντλησης των δεδομένων 06/2020).

Table 6 Στοιχεία τιμολογίου ΒΓ για εμπορικό πελάτη [41].

Στοιχεία τιμολογίου ΒΓ		
Ζώνη	Χρέωση ισχύος €/kW/μήνα	Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)
7:00-23:00 τις εργάσιμες ημέρες όλο το έτος	6,66	
7:00-23:00 τις εργάσιμες ημέρες όλο το έτος		0,07045
23:00-7:00 τις εργάσιμες μέρες και όλες τις ώρες του Σαβ/κου και των αργιών του έτους		0,05548

Table 7 Στοιχεία τιμολογίου ΒΥ για εμπορικό πελάτη [41].

Στοιχεία τιμολογίου ΒΥ		
Ζώνη	Χρέωση ισχύος (€/kW/μήνα)	Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)
7:00-23:00 τις εργάσιμες ημέρες όλο το έτος	8,88	
7:00-23:00 τις εργάσιμες ημέρες όλο το έτος		0,06470
23:00-7:00 τις εργάσιμες μέρες και όλες τις ώρες του Σαβ/κου και των αργιών του έτους		0,05057

Table 8 Στοιχεία τιμολογίου ΒΧ για εμπορικό πελάτη [41].

Στοιχεία τιμολογίου ΒΧ		
Ζώνη	Χρέωση ισχύος (€/kW/μήνα)	Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)
7:00-23:00 τις εργάσιμες ημέρες όλο το έτος	6,10	
7:00-23:00 τις εργάσιμες ημέρες όλο το έτος		0,07808
23:00-7:00 τις εργάσιμες μέρες και όλες τις ώρες του Σαβ/κου και των αργιών του έτους		0,06200

Για τον υπολογισμό του τιμολογίου μέσης τάσης, αρχικά υπολογίζεται η Χρεωστέα Ζήτηση (XZ).

Για το γενικό τιμολόγιο ΒΓ:

- όταν ο συντελεστής χρησιμοποίησης είναι μικρότερος από 0,30 τότε

$$XZ = 1,18 * MZ * \frac{\text{Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης}}{\text{Ημέρες μήνα}} \quad (5.41)$$

- σε κάθε άλλη περίπτωση ισχύει ότι:

$$XZ = MZ * \frac{\text{Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης}}{\text{Ημέρες μήνα}} \quad (5.42)$$

Για τα τιμολόγια ΒΥ και ΒΧ:

$$XZ = MZ * \frac{\text{Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης}}{\text{Ημέρες μήνα}} \quad (5.43)$$

Όπου:

MZ : η μέγιστη ζήτηση μεταξύ 7:00-23:00 των εργάσιμων ημερών.

Στο παραπάνω χρεώσεις προστίθεται χρεώσεις CO₂ (€/kWh), οι οποίες λόγω έλλειψης στοιχείων του παρόχου δεν έχουν υπολογιστεί στην παρούσα μελέτη καθώς και επειδή είναι ίδιο το κόστος για όλα τα τιμολόγια.

Η μοναδιαία χρέωση εκπομπών CO₂ στον πελάτη υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο [41]:

$$T_{CO_2n} = \frac{P(n-1) * Q(n-1)}{E(n-1)} \quad (5.44)$$

Όπου:

n: ο μήνας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

T_{CO₂n}: Μοναδιαία χρέωση εκπομπών CO₂ για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του μηνός *n* (€/kWh).

P(n-1): Μέσος όρος τιμών κλεισίματος του συμβολαίου μελλοντικής εκπλήρωσης (Future) EUA, όπως αυτές διαμορφώθηκαν στο χρηματιστήριο εκπομπών (ICE) με μήνα ωρίμανσης το Δεκέμβριο του έτους χρήσης (€/tn) κατά τον προηγούμενο της κατανάλωσης μήνα.

Q(n-1): Μηνιαία απολογιστικά στοιχεία (προσωρινά) για τις συνολικές εκπομπές CO₂ των Σταθμών Παραγωγής της ΔΕΗ Α.Ε. στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα κατά τον προηγούμενο της κατανάλωσης μήνα.

E(n-1): Μηνιαία απολογιστική εκκαθαρισμένη ενέργεια της ΔΕΗ Α.Ε. στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα κατά τον προηγούμενο της κατανάλωσης μήνα.

Επιπρόσθετα, κάθε καταναλωτής που κάνει χρήση του Εθνικού Ηλεκτρικού Συστήματος καλείται να πληρώσει κάποιες ρυθμιζόμενες χρεώσεις ανεξαρτήτως του προμηθευτή που έχει επιλέξει, οι οποίες εγκρίνονται από την Πολιτεία. Αυτές φαίνονται στον πίνακα 5.4 [41].

Table 9 Ρυθμιζόμενες χρεώσεις για εμπορικό πελάτη [41].

Ρυθμιζόμενες χρεώσεις					
Σύστημα μεταφοράς	Δίκτυο Διανομής		Λοιπές χρεώσεις (€/kWh)	ΕΤΜΕΑΡ (€/kWh)	ΥΚΩ (€/kWh)
	Χρέωση ισχύος (Μοναδιαία πάγια Χρέωση) (€/kW/μήνα)	Χρέωση ενέργειας (Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση) (€/kWh)			
1,197	1,097	0,0028	0,00007	0,00878	0,01790

Ο υπολογισμός του συνολικού ποσού ρυθμιζόμενων χρεώσεων γίνεται σύμφωνα με τη Καταμετρηθείσα Μέγιστη Ζήτηση της περιόδου κατανάλωσης μεταξύ 11:00-14:00.

Η Ενεργειακή Χρέωση του Δικτύου Διανομής προσαυξάνεται σε συνάρτηση με το *συνφ* [41].

Συγκεκριμένα, ο υπολογισμός των χρεώσεων χρήσης του Συστήματος Μεταφοράς (ΧΧΣ) για τους πελάτες μέσης τάσης γίνεται με εφαρμογή του ακόλουθου τύπου [41]:

$$ΧΧΣ = ΜΠΧ_1 \left(\frac{\text{€}}{\text{kW}} \right) \cdot (\text{kW}) \cdot \frac{\text{Ημέρες περιόδου κατανάλωσης}}{\text{ημέρες μήνα}} \quad (5.45)$$

Όπου:

kW : η καταμετρηθείσα μέγιστη ζήτηση κατά την περίοδο κατανάλωσης στη ζώνη αιχμής (11:00-14:00),

ΜΠΧ₁(€/kW/μήνα): η μοναδιαία πάγια χρέωση

Ημέρες: ο αριθμός ημερών της περιόδου κατανάλωσης.

Ο υπολογισμός των Χρεώσεων Χρήσης Δικτύου Διανομής (ΧΧΔ) για τους πελάτες μέσης τάσης γίνεται με την εφαρμογή του ακόλουθου τύπου [41]:

$$ΧΧΔ = \left[ΜΠΧ_2 \left(\frac{\text{€}}{\text{kW}} \right) \cdot \text{kW} \cdot \frac{\text{Ημέρες περιόδου κατανάλωσης}}{\text{ημέρες μήνα}} \right] + \left[\text{kWh} \cdot \frac{ΜΜΧ \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)}{\text{συνφ}} \right] \quad (5.46)$$

Όπου:

kW: η καταμετρηθείσα μέγιστη ζήτηση κατά την περίοδο κατανάλωσης στη ζώνη αιχμής (11:00-14:00),

ΜΠΧ₂(€/kW/μήνα): η μοναδιαία πάγια χρέωση,

Ημέρες: ο αριθμός ημερών της περιόδου κατανάλωσης,

kWh: η καταμετρηθείσα ενέργεια από τον αρμόδιο διαχειριστή κατά την περίοδο κατανάλωσης,

ΜΜΧ(€/kWh): η μοναδιαία μεταβλητή χρέωση,

συνφ: η μέση τιμή του συντελεστή ισχύος κατά την περίοδο κατανάλωσης.

5.9 Μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο

Το κάθε ελλιμενισμένο πλοίο έχει και συγκεκριμένες ενεργειακές ανάγκες. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται είτε όταν αυτό συνδέεται με το σύστημα ψυχρής εκκίνησης του λιμένα, είτε όταν το πλοίο παράγει μόνο του την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται μέσω των γεννητριών του.

Αρχικά, θα αναφερθεί ότι για το κάθε είδος πλοίου χρησιμοποιούνται και γεννήτριες συγκεκριμένης ισχύος. Για τα κρουαζιερόπλοια που το φορτίο τους, κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους, ανήκει στο διάστημα [8MW, 10MW], θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούνται ντιζελογεννήτριες του 1000kW, για τα πλοία τύπου bulk το φορτίο των οποίων, κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους, ανήκει στο διάστημα [600kW, 2MW], θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούνται ντιζελογεννήτριες των 600kW, για τα πλοία τύπου container που το φορτίο τους, κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους, ανήκει στο διάστημα [600kW, 2MW], θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούν και αυτά ντιζελογεννήτριες των 600kW.

Το κόστος του πλοίου, όταν παράγει μόνο του την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται υπολογίζεται με την ακόλουθη μεθοδολογία:

Αρχικά υπολογίζεται το πλήθος των γεννητριών του πλοίου που είναι σε λειτουργία, βάσει του φορτίου του τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Το φορτίο του πλοίου υπολογίζεται ανά ώρα, για τους υπολογισμούς που αφορούν το κόστος από τη μεριά του πλοίου, με το μέγιστο φορτίο που παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια μίας ώρας να ζητείται να καλυφθεί από την αρχή της ώρας αυτής και για όλη τη διάρκειά της. Το πλήθος των γεννητριών που βρίσκονται σε λειτουργία εκείνη την ώρα υπολογίζεται από τη στρογγυλοποίηση προς τα πάνω του ηλικίου (φορτίου πλοίου δια την ισχύ των γεννητριών του πλοίου). Στη συνέχεια υπολογίζεται το φορτίο που καλείται να καλύψει η κάθε γεννήτρια, θεωρώντας ότι έχουν ίδιες καταναλώσεις καυσίμου οι όμοιες γεννήτριες, το ωριαίο κόστος κάθε γεννήτριας, το ωριαίο κόστος του πλοίου και τέλος το ετήσιο κόστος του πλοίου.

$$N_{gen} = ROUNDUP\left(\frac{P_{load_πλοίου}}{P_{gen}}\right) \quad (5.47)$$

$$P_{load_gen} = \frac{P_{load_πλοίου}}{N_{gen}} \quad (5.48)$$

$$\text{Για } P_{gen} = 600kW, Cost_{gen} = \begin{cases} 0,088 * P_{load_gen_min}, & P_{load_gen} \leq P_{load_gen_min} \\ 0,088 * P_{load_gen}, & P_{load_gen_min} \leq P_{load_gen} \leq \frac{1}{4} * P_{gen} \\ 0,05867 * P_{load_gen} + 4,4, & \frac{1}{4} * P_{gen} < P_{load_gen} \leq \frac{1}{2} * P_{gen} \\ 0,0633 * P_{load_gen} + 3, & \frac{1}{2} * P_{gen} < P_{load_gen} \leq \frac{3}{4} * P_{gen} \\ 0,0753 * P_{load_gen} - 2.385, & \frac{3}{4} * P_{gen} < P_{load_gen} \leq P_{gen} \end{cases} \quad (5.49)$$

$$\text{Για } P_{gen} = 1000kW, Cost_{gen} = \begin{cases} 0,0864 * P_{load_gen_min}, & P_{load_gen} \leq P_{load_gen_min} \\ 0,0864 * P_{load_gen}, & P_{load_gen_min} \leq P_{load_gen} \leq \frac{1}{4} * P_{gen} \\ 0,0592 * P_{load_gen} + 6,8, & \frac{1}{4} * P_{gen} < P_{load_gen} \leq \frac{1}{2} * P_{gen} \\ 0,0628 * P_{load_gen} + 5, & \frac{1}{2} * P_{gen} < P_{load_gen} \leq \frac{3}{4} * P_{gen} \\ 0,076 * P_{load_gen} - 4,9, & \frac{3}{4} * P_{gen} < P_{load_gen} \leq P_{gen} \end{cases} \quad (5.50)$$

$$Cost_{N_{gen}} = N_{gen} * Cost_{gen} \quad (5.51)$$

Όπου:

N_{gen} : το πλήθος των γεννητριών που είναι σε λειτουργία,

$P_{load_πλοίου}$: το ωριαίο φορτίο του πλοίου,

P_{gen} : η εγκατεστημένη ισχύς των γεννητριών του πλοίου,

$P_{load_{gen_min}}$: η ελάχιστη ισχύς λειτουργίας της κάθε γεννήτριας

P_{load_gen} : η ισχύς λειτουργίας της κάθε γεννήτριας τη συγκεκριμένη ώρα,

$Cost_{gen}$: το ωριαίο κόστος λειτουργίας της μίας γεννήτριας

$Cost_{N_{gen}}$: το ωριαίο κόστος του συνόλου των N_{gen} γεννητριών/ το ωριαίο κόστος του πλοίου.

Με το $Cost_{gen}$ να υπολογίζεται για το ωριαίο φορτίο της κάθε γεννήτριας ανάλογα με το επίπεδο φόρτισης της γεννήτριας, με χρήση γραμμικής παρεμβολής στα διαστήματα μεταξύ των μηδέν φορτίο, ¼ φορτίου, ½ φορτίου, ¾ φορτίου και πλήρους φόρτισης, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί .

Table 10 Κατανάλωση ντιζελογεννήτριας 600kW και 1000kW ανάλογα με το επίπεδο φόρτισης της [42].

Εγκατεστημένη ισχύς γεννήτριας (kW)	¼ φορτίου (gal/hr)	½ φορτίου (gal/hr)	¾ φορτίου (gal/hr)	Μέγιστο φορτίο (gal/hr)
600	13,2	22,0	31,5	42,8
1000	21,6	36,4	52,1	71,1

Στη συνέχεια το ωριαίο κόστος του συνόλου των γεννητριών $Cost_{N_{gen}}$, το οποίο έχει βρεθεί σε γαλόνια πετρελαίου ντίζελ μετατρέπεται σε λίτρα (1 gal diesel=3.7854L diesel), έπειτα τα λίτρα σε κιλά (1 Ldiesel = 0,827 kgdiesel) και τέλος σε ευρώ, με κόστος ναυτιλιακού ντίζελ στα 0.5428€/kg (ή αλλιώς590 δολάρια το μετρικό τόνο, σύμφωνα με την ισοδυναμία δολαρίου σε ευρώ τη στιγμή που υπολογίστηκε).Τα ωριαία αυτά κόστη ενός ολόκληρου έτους αθροίζονται και έτσι βρίσκεται το ετήσιο κόστους του κάθε είδους πλοίου. Σημειώνεται πως οι υπολογισμοί αυτοί έγιναν για τη διάρκεια ελλιμενισμού των πλοίων στο μελετώμενο λιμάνι.

6 Σενάρια & Αποτελέσματα

6.1 Σενάρια

Τα σενάρια που έγιναν αφορούν και την πλευρά των πλοίων και την πλευρά του λιμένα, ώστε να βρεθεί η καλύτερη επιλογή.

Αρχικά βρίσκεται το κόστος κάθε κατηγορίας πλοίου, μέσα σε ένα έτος, όταν καλύπτει μόνο του τις ενεργειακές του ανάγκες.

Σενάριο 1: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Σενάριο 2: container πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Σενάριο 3: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Στη συνέχεια γίνεται συνδυασμός των πλοίων (χρήση ντιζελογεννητριών).

Σενάριο 4: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Σενάριο 5: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Σενάριο 6: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Σενάριο 7: κρουαζιερόπλοιο&container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Έπειτα γίνονται σενάρια για την κάλυψη των αναγκών των πλοίων εξ ολοκλήρου από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης, με παροχή ισχύος μόνο από τον πάροχο.

Σενάριο 8: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Σενάριο 9: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Σενάριο 10: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Στη συνέχεια γίνεται συνδυασμός των πλοίων (χρήση συστήματος ψυχρής εκκίνησης - πάροχος).

Σενάριο 11: κρουαζιερόπλοια & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Σενάριο 12: κρουαζιερόπλοια & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Σενάριο 13: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Σενάριο 14: κρουαζιερόπλοια & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Ακολουθούν σενάρια για την κάλυψη των αναγκών των πλοίων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης, αξιοποιώντας και την παραγόμενη ενέργεια του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Σενάριο 15: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).

Σενάριο 16: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B).

Σενάριο 17: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).

Ακολουθεί συνδυασμός των πλοίων (χρήση συστήματος ψυχρής εκκίνησης – πάροχος & Φ/B).

Σενάριο 18: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).

Σενάριο 19: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).

Σενάριο 20: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).

Σενάριο 21: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/B).

Ακολουθούν σενάρια για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης, όπου αξιοποιείται η παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό πάρκο καθώς και το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.

Σενάριο 22: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).

Σενάριο 23: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).

Σενάριο 24: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).

Τέλος γίνεται συνδυασμός των πλοίων (χρήση συστήματος ψυχρής εκκίνησης – πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης ενέργειας).

Σενάριο 25: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).

Σενάριο 26: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).

Σενάριο 27: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).

Σενάριο 28: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI - πάροχος & Φ/B & σύστημα αποθήκευσης).

6.2 Αποτελέσματα

6.2.1 Σενάριο 1: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Από τη μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο που αναλύθηκε στην παράγραφο 5.9 υπολογίστηκε ότι το κόστος που έχουν τα κρουαζιερόπλοια για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες ανέρχεται στις 468.396 ευρώ.

6.2.2 Σενάριο 2: container πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Από τη μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο που αναλύθηκε στην παράγραφο 5.9 υπολογίστηκε ότι το κόστος που έχουν τα πλοία container για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες ανέρχεται στα 2.231.053 ευρώ.

6.2.3 Σενάριο 3: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Από τη μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο που αναλύθηκε στην παράγραφο 5.9 υπολογίστηκε ότι το κόστος που έχουν τα πλοία bulk για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες ανέρχεται στα 6.172.942 ευρώ.

6.2.4 Σενάριο 4: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Από τη μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο που αναλύθηκε στην παράγραφο 5.9 υπολογίστηκε ότι το κόστος που έχουν τα κρουαζιερόπλοια και τα πλοία container για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες ανέρχεται στα 2.684.068 ευρώ.

6.2.5 Σενάριο 5: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Από τη μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο που αναλύθηκε στην παράγραφο 5.9 υπολογίστηκε ότι το κόστος που έχουν τα κρουαζιερόπλοια και τα πλοία bulk για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες ανέρχεται στα 6.607.187 ευρώ.

6.2.6 Σενάριο 6: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Από τη μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο που αναλύθηκε στην παράγραφο 5.9 υπολογίστηκε ότι το κόστος που έχουν τα πλοία container και bulk για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες ανέρχεται στα 8.417.422 ευρώ.

6.2.7 Σενάριο 7: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από τις ντιζελογεννήτριες.

Από τη μεθοδολογία υπολογισμού κόστους ανά πλοίο που αναλύθηκε στην παράγραφο 5.9 υπολογίστηκε ότι το κόστος που έχουν τα κρουαζιερόπλοια, τα πλοία container και bulk για την πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες ανέρχεται στα 8.842.528 ευρώ.

6.2.8 Σενάριο 8: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Τα κρουαζιερόπλοια παρουσιάζουν μία αιχμή φορτίου που φτάνει τα 19,5 MW, ένα συντελεστή φορτίου 0,024 και το μέσο φορτίο τους είναι 469,7kW. Η ετήσια ζήτηση ενέργειας είναι 4114,4MWh. Ο συντελεστής ισχύος τους είναι 0,8 . Στο σενάριο αυτό βάσει του φορτίου αιχμής και του συντελεστή ισχύος θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5MVA. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης τιμολογείται το ωριαίο φορτίο των συγκεκριμένων πλοίων μαζί με τις απώλειες των μετασχηματιστών. Η τιμολόγηση γίνεται με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.8, για τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο από 0,3. Στο ετήσιο κόστος τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, το οποίο υπολογίστηκε με τον τρόπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.6 για το μέγεθος της εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε για το εκάστοτε σενάριο.

Το πιο οικονομικό συνολικό ετήσιο κόστος είναι αυτό για τιμολόγιο ΒΧ το οποίο ανέρχεται στα 1.748.782 ευρώ, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος για το τιμολόγιο ΒΓ ανέρχεται στα 1.841.537 ευρώ (πίνακες 11 και 12).

Το σενάριο αυτό, σε σύγκριση με το σενάριο 1 όπου το κόστος των κρουαζιερόπλοιων για πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες είναι 468.396 ευρώ, δεν είναι βιώσιμο.

Table 11 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση(kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	24.00	146.40	1,257.97	28.73	88.82	1,521.92	287.98	36120.63	73640.00
Φεβρουαρίου	24.00	146.40	1,131.15	28.73	82.78	1,389.05			
Μαρτίου	24.00	146.40	7,098.56	12,023.75	11,411.83	30,680.53			
Απριλίου	10,050.00	61,305.00	14,676.42	12,029.85	11,763.67	99,774.94			
Μαΐου	9,993.60	60,960.96	23,825.36	11,962.34	12,193.03	108,941.68			
Ιουνίου	24.00	146.40	7,492.33	11,806.96	11,235.75	30,681.44			
Ιουλίου	9,987.57	60,924.18	63,702.09	11,746.74	13,937.10	150,310.10			
Αυγούστου	9,889.95	60,328.70	25,951.30	11,838.27	12,088.79	110,207.06			
Σεπτεμβρίου	10,052.00	61,317.20	60,561.34	11,935.84	13,904.48	147,718.85			
Οκτωβρίου	19,335.90	117,948.99	78,615.33	23,145.07	24,898.42	244,607.82			
Νοεμβρίου	24.00	146.40	6,820.36	11,510.66	10,925.91	29,403.33			
Δεκεμβρίου	24.00	146.40	1,244.85	28.73	88.82	1,508.80			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						1,066,794			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						681,988			
Σύνολο (€)						1,748,782			

Table 12 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	28.32	188.61	1,131.13	28.73	88.82	1,437.29	287.9776872	36120.63	73640.00858
Φεβρουαρίου	28.32	188.61	1,016.94	28.73	82.78	1,317.05			
Μαρτίου	28.32	188.61	6,357.28	12,023.75	11,411.83	29,981.47			
Απριλίου	11,859.00	78,980.94	13,190.44	12,029.85	11,763.67	115,964.89			
Μαΐου	11,792.45	78,537.70	21,393.42	11,962.34	12,193.03	124,086.48			
Ιουνίου	28.32	188.61	6,709.41	11,806.96	11,235.75	29,940.73			
Ιουλίου	11,785.33	78,490.32	57,274.71	11,746.74	13,937.10	161,448.86			
Αυγούστου	11,670.14	77,723.14	23,366.54	11,838.27	12,088.79	125,016.74			
Σεπτεμβρίου	11,861.36	78,996.66	54,482.57	11,935.84	13,904.48	159,319.54			
Οκτωβρίου	22,816.36	151,956.97	70,828.72	23,145.07	24,898.42	270,829.19			
Νοεμβρίου	28.32	188.61	6,108.34	11,510.66	10,925.91	28,733.52			
Δεκεμβρίου	28.32	188.61	1,118.91	28.73	88.82	1,425.08			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						1,159,549			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						681,988			
Σύνολο (€)						1,841,537			

6.2.9 Σενάριο 9: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Τα πλοία container παρουσιάζουν μία αιχμή φορτίου που φτάνει τα 8,2MW, ένα συντελεστή φορτίου 0,26 και το μέσο φορτίο τους είναι 2,1MW. Η ετήσια ζήτηση ενέργειας είναι 18664MWh. Ο συντελεστής ισχύος τους είναι 0,8 . Στο σενάριο αυτό βάσει του φορτίου αιχμής και του συντελεστή ισχύος θα ζητηθεί μία παροχή των 10MVA. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης τιμολογείται το ωριαίο φορτίο των συγκεκριμένων πλοίων μαζί με τις απώλειες των μετασχηματιστών. Η τιμολόγηση γίνεται με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.8, για τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο από 0,3. Στο ετήσιο κόστος τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, το οποίο υπολογίστηκε με τον τρόπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.6 για το μέγεθος της εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε για το εκάστοτε σενάριο.

Το πιο οικονομικό συνολικό ετήσιο κόστος είναι αυτό για τιμολόγιο ΒΓ το οποίο ανέρχεται στα 2.719.323 ευρώ, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος για το τιμολόγιο ΒΧ ανέρχεται στα 2.729.808 ευρώ (πίνακες 13 και 14).

Το σενάριο αυτό, σε σύγκριση με το σενάριο 2 όπου το κόστος των πλοίων container για πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες είναι 2.231.053 ευρώ, δεν είναι βιώσιμο.

Table 13 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	5,223.27	31,861.95	93,757.95	5,960.69	10,024.89	141,605.48	1306.33	163851.03	334047.1
Φεβρουαρίου	5,114.56	31,198.82	78,181.30	4,438.12	7,914.20	121,732.43			
Μαρτίου	5,253.47	32,046.17	81,463.07	6,022.13	9,485.33	129,016.70			
Απριλίου	5,125.63	31,266.34	86,042.25	4,481.41	8,270.23	130,060.24			
Μαΐου	8,170.16	49,837.98	160,385.65	6,898.32	14,200.58	231,322.53			
Ιουνίου	7,316.84	44,632.72	161,023.60	8,109.70	15,371.87	229,137.90			
Ιουλίου	6,578.37	40,128.06	127,197.42	6,334.19	12,087.04	185,746.71			
Αυγούστου	5,815.40	35,473.94	93,727.25	6,181.16	10,268.89	145,651.24			
Σεπτεμβρίου	5,178.97	31,591.72	93,706.02	5,421.19	9,565.45	140,284.37			
Οκτωβρίου	5,504.17	33,575.44	114,164.42	6,588.49	11,646.21	165,974.56			
Νοεμβρίου	5,439.72	33,182.29	123,354.69	5,583.73	11,282.07	173,402.79			
Δεκεμβρίου	5,208.17	31,769.84	114,974.89	5,961.90	11,167.27	163,873.90			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						2,457,013			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						272,795			
Σύνολο (€)						2,729,808			

Table 14 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	6,163.46	41,048.63	84,365.87	5,960.69	10,024.89	141,400.08	1306.329	163851	334047.0951
Φεβρουαρίου	6,035.18	40,194.30	70,322.31	4,438.12	7,914.20	122,868.93			
Μαρτίου	6,199.09	41,285.97	73,301.08	6,022.13	9,485.33	130,094.51			
Απριλίου	6,048.24	40,281.30	77,438.14	4,481.41	8,270.23	130,471.09			
Μαΐου	9,640.79	64,207.65	144,271.64	6,898.32	14,200.58	229,578.20			
Ιουνίου	8,633.87	57,501.58	144,826.44	8,109.70	15,371.87	225,809.59			
Ιουλίου	7,762.48	51,698.09	114,396.24	6,334.19	12,087.04	184,515.56			
Αυγούστου	6,862.17	45,702.07	84,310.44	6,181.16	10,268.89	146,462.56			
Σεπτεμβρίου	6,111.18	40,700.49	84,295.13	5,421.19	9,565.45	139,982.25			
Οκτωβρίου	6,494.92	43,256.17	102,694.22	6,588.49	11,646.21	164,185.10			
Νοεμβρίου	6,418.87	42,749.67	110,893.79	5,583.73	11,282.07	170,509.26			
Δεκεμβρίου	6,145.64	40,929.97	103,387.74	5,961.90	11,167.27	161,446.88			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						2,446,528			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						272,795.00			
Σύνολο (€)						2,719,323			

6.2.10 Σενάριο 10: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Τα πλοία bulk παρουσιάζουν μία αιχμή φορτίου που φτάνει τα 16,2MW, ένα συντελεστή φορτίου 0,36 και το μέσο φορτίο τους είναι 5,9MW. Η ετήσια ενέργεια ζήτησης είναι 51413,8MWh. Ο συντελεστής ισχύος τους είναι 0,8 . Στο σενάριο αυτό βάσει του φορτίου αιχμής και του συντελεστή ισχύος θα ζητηθούν δύο παροχές των 10MVA. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης τιμολογείται το ωριαίο φορτίο των συγκεκριμένων πλοίων μαζί με τις απώλειες των μετασχηματιστών. Η τιμολόγηση γίνεται με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.8, για τα τιμολόγια ΒΥ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μεγαλύτερου ή ίσου του 0,3. Στο ετήσιο κόστος τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, το οποίο υπολογίστηκε με τον τρόπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.6 για το μέγεθος της εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε για το εκάστοτε σενάριο.

Το πιο οικονομικό συνολικό ετήσιο κόστος είναι αυτό για τιμολόγιο ΒΓ το οποίο ανέρχεται στα 6.852.558 ευρώ, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος για το τιμολόγιο ΒΥ ανέρχεται στα 6.955.185 ευρώ (πίνακες 15 και 16).

Το σενάριο αυτό, σε σύγκριση με το σενάριο 3 όπου το κόστος των πλοίων bulk για πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες είναι 6.172.942 ευρώ, δεν είναι βιώσιμο.

Table 15 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΥ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση(kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,684.10	130,394.81	275,817.02	18,453.07	33,637.92	458,302.83	3598.76	451387.6	920254.94
Φεβρουαρίου	16,100.90	142,975.99	245,133.15	19,272.78	32,467.46	439,849.37			
Μαρτίου	16,246.30	144,267.14	397,553.98	19,056.24	41,565.27	602,442.63			
Απριλίου	14,654.90	130,135.51	302,958.35	18,635.61	35,495.60	487,225.08			
Μαΐου	15,935.20	141,504.58	266,820.67	19,074.43	33,519.66	460,919.33			
Ιουνίου	13,862.70	123,100.78	185,327.55	16,277.40	26,288.44	350,994.17			
Ιουλίου	9,227.95	81,944.20	179,554.95	11,045.86	21,010.67	293,555.67			
Αυγούστου	10,315.70	91,603.42	157,253.08	11,732.28	20,220.44	280,809.22			
Σεπτεμβρίου	13,931.30	123,709.94	143,247.37	13,196.33	20,965.77	301,119.42			
Οκτωβρίου	15,005.10	133,245.29	216,859.83	17,842.72	29,443.64	397,391.47			
Νοεμβρίου	15,142.40	134,464.51	305,011.51	18,125.45	35,022.49	492,623.97			
Δεκεμβρίου	14,579.20	129,463.30	288,463.65	17,451.30	33,742.15	469,120.40			
Συνολικό τιμολόγιο (€)							6,409,595		
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)							545,590		
Σύνολο (€)							6,955,185		

Table 16 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,684.10	97,796.11	301,311.62	18,453.07	33,637.92	451,198.72	3598.762	451387.6	920254.94
Φεβρουαρίου	16,100.90	107,231.99	267,758.41	19,272.78	32,467.46	426,730.64			
Μαρτίου	16,246.30	108,200.36	434,296.76	19,056.24	41,565.27	603,118.63			
Απριλίου	14,654.90	97,601.63	330,985.88	18,635.61	35,495.60	482,718.73			
Μαΐου	15,935.20	106,128.43	291,406.39	19,074.43	33,519.66	450,128.91			
Ιουνίου	13,862.70	92,325.58	202,529.73	16,277.40	26,288.44	337,421.16			
Ιουλίου	9,227.95	61,458.15	196,151.10	11,045.86	21,010.67	289,665.78			
Αυγούστου	10,315.70	68,702.56	171,751.45	11,732.28	20,220.44	272,406.73			
Σεπτεμβρίου	13,931.30	92,782.46	156,588.73	13,196.33	20,965.77	283,533.29			
Οκτωβρίου	15,005.10	99,933.97	236,872.44	17,842.72	29,443.64	384,092.76			
Νοεμβρίου	15,142.40	100,848.38	333,158.07	18,125.45	35,022.49	487,154.40			
Δεκεμβρίου	14,579.20	97,097.47	315,266.12	17,451.30	33,742.15	463,557.04			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						6,306,968			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						545,590.00			
Σύνολο (€)						6,852,558			

6.2.11 Σενάριο 11: κρουαζιερόπλοια & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Τα κρουαζιερόπλοια σε συνδυασμό με τα πλοία container παρουσιάζουν μία αιχμή φορτίου που φτάνει τα 22,1 MW, ένα συντελεστή φορτίου 0,12 και το μέσο φορτίο τους είναι 2,6MW. Η ετήσια ζητούμενη ενέργεια είναι 22.754MWh και έχουν συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,80. Ο συντελεστής ισχύος τους είναι 0,8 . Στο σενάριο αυτό βάσει του φορτίου αιχμής και του συντελεστή ισχύος θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5MVA και μία των 10 MVA. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης τιμολογείται το ωριαίο φορτίο των συγκεκριμένων πλοίων μαζί με τις απώλειες των μετασχηματιστών. Η τιμολόγηση γίνεται με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.8, για τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο από 0.3. Στο ετήσιο κόστος τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, το οποίο υπολογίστηκε με τον τρόπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.6 για το μέγεθος της εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε για το εκάστοτε σενάριο.

Το πιο οικονομικό συνολικό ετήσιο κόστος είναι αυτό για τιμολόγιο ΒΧ, το οποίο ανέρχεται στα 4.322.884 ευρώ, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος για το τιμολόγιο ΒΓ ανέρχεται στα 4.374.666 ευρώ (πίνακες 17 και 18).

Το σενάριο αυτό, σε σύγκριση με το σενάριο 4 όπου το κόστος των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων container για πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες είναι 2.684.068 ευρώ, δεν είναι βιώσιμο.

Table 17 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση(kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	5,235.76	31,938.14	94,909.06	5,976.90	10,097.05	142,921.14	1592.60	199757.7	407250.96
Φεβρουαρίου	5,127.52	31,277.87	79,229.72	4,459.90	7,986.55	122,954.05			
Μαρτίου	5,265.82	32,121.50	88,469.73	14,297.09	17,457.09	152,345.40			
Απριλίου	12,636.70	77,083.87	100,620.02	15,126.13	18,759.66	211,589.69			
Μαΐου	12,670.90	77,292.49	183,956.78	13,681.23	21,634.45	296,564.95			
Ιουνίου	7,318.28	44,641.51	168,268.18	17,429.16	24,315.89	254,654.74			
Ιουλίου	14,806.20	90,317.82	190,723.86	16,312.96	24,395.13	321,749.77			
Αυγούστου	11,804.40	72,006.84	119,567.71	14,129.87	18,787.64	224,492.06			
Σεπτεμβρίου	14,294.10	87,194.01	154,140.11	16,794.51	22,948.17	281,076.80			
Οκτωβρίου	22,116.00	134,907.60	192,615.72	26,066.95	33,176.41	386,766.68			
Νοεμβρίου	5,451.24	33,252.56	130,024.76	15,351.17	20,602.84	199,231.33			
Δεκεμβρίου	5,220.72	31,846.39	116,090.03	5,978.09	11,238.22	165,152.74			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						3,368,101			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						954,783			
Σύνολο (€)						4,322,884			

Table 18 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση(kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	6,178.20	41,146.79	85,400.84	5,976.90	10,097.05	142,621.58	1592.60	199757.7	407250.96
Φεβρουαρίου	6,050.47	40,296.15	71,264.82	4,459.90	7,986.55	124,007.44			
Μαρτίου	6,213.67	41,383.03	79,575.67	14,297.09	17,457.09	152,712.87			
Απριλίου	14,911.31	99,309.30	90,539.82	15,126.13	18,759.66	223,734.91			
Μαΐου	14,951.66	99,578.07	165,436.33	13,681.23	21,634.45	300,330.08			
Ιουνίου	8,635.57	57,512.90	151,312.91	17,429.16	24,315.89	250,570.85			
Ιουλίου	17,471.32	116,358.96	171,513.02	16,312.96	24,395.13	328,580.07			
Αυγούστου	13,929.19	92,768.42	107,577.26	14,129.87	18,787.64	233,263.19			
Σεπτεμβρίου	16,867.04	112,334.47	138,663.22	16,794.51	22,948.17	290,740.38			
Οκτωβρίου	26,096.88	173,805.22	173,375.32	26,066.95	33,176.41	406,423.90			
Νοεμβρίου	6,432.46	42,840.20	116,867.04	15,351.17	20,602.84	195,661.25			
Δεκεμβρίου	6,160.45	41,028.59	104,390.00	5,978.09	11,238.22	162,634.91			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						3,419,883			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						954,783			
Σύνολο (€)						4,374,666			

6.2.12 Σενάριο 12: κρουαζιερόπλοια & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Τα κρουαζιερόπλοια σε συνδυασμό με τα πλοία bulk παρουσιάζουν μία αιχμή φορτίου που φτάνει τα 26,7 MW, ένα συντελεστή φορτίου 0,24 και το μέσο φορτίο τους είναι 6,3MW. Η ετήσια ζητούμενη ενέργεια είναι 55.385,8MWh και έχουν συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,75. Ο συντελεστής ισχύος τους είναι 0,8. Στο σενάριο αυτό βάσει του φορτίου αιχμής και του συντελεστή ισχύος θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5MVA και δύο των 10MVA. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης τιμολογείται το ωριαίο φορτίο των συγκεκριμένων πλοίων μαζί με τις απώλειες των μετασχηματιστών. Η τιμολόγηση γίνεται με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.8, για τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο από 0,3. Στο ετήσιο κόστος τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, το οποίο υπολογίστηκε με τον τρόπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.6 για το μέγεθος της εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε για το εκάστοτε σενάριο.

Το πιο οικονομικό συνολικό ετήσιο κόστος είναι αυτό για τιμολόγιο ΒΓ, το οποίο ανέρχεται στα 8.448.633 ευρώ, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος για το τιμολόγιο ΒΧ ανέρχεται στα 8.492.916 ευρώ (πίνακες 19 και 20).

Το σενάριο αυτό, σε σύγκριση με το σενάριο 5 όπου το κόστος των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων container για πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες είναι 6.607.187 ευρώ, δεν είναι βιώσιμο.

Table 19 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,674.10	89,512.01	335,969.29	18,436.79	33,663.39	477,581.48	3882.393854	486963.1	992783.5711
Φεβρουαρίου	16,083.90	98,111.79	298,551.47	19,252.43	32,486.92	448,402.61			
Μαρτίου	16,228.70	98,995.07	489,408.43	27,405.20	49,571.61	665,380.31			
Απριλίου	14,644.90	89,333.89	382,382.12	20,286.04	37,722.79	529,724.84			
Μαΐου	16,192.50	98,774.25	347,453.30	21,689.64	37,126.10	505,043.28			
Ιουνίου	13,856.40	84,524.04	232,647.42	18,288.84	28,536.45	363,996.76			
Ιουλίου	16,410.60	100,104.66	281,691.67	19,643.49	32,052.17	433,491.98			
Αυγούστου	15,484.90	94,457.89	216,813.58	18,535.43	27,688.15	357,495.05			
Σεπτεμβρίου	18,219.50	111,138.95	234,698.78	21,808.74	31,816.31	399,462.78			
Οκτωβρίου	26,640.20	162,505.22	341,767.07	31,689.14	45,806.33	581,767.76			
Νοεμβρίου	15,130.20	92,294.22	376,857.44	20,716.96	37,750.53	527,619.15			
Δεκεμβρίου	14,569.60	88,874.56	351,656.48	17,439.81	33,772.10	491,742.95			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						7,265,338			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Σύνολο (€)						8,492,916			

Table 20 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	17,315.44	115,320.82	302,045.88	18,436.79	33,663.39	469,466.88	3882.39	486963.1	992783.57
Φεβρουαρίου	18,979.00	126,400.15	268,442.43	19,252.43	32,486.92	446,581.93			
Μαρτίου	19,149.87	127,538.11	439,971.82	27,405.20	49,571.61	644,486.73			
Απριλίου	17,280.98	115,091.34	343,741.37	20,286.04	37,722.79	516,841.54			
Μαΐου	19,107.15	127,253.62	312,428.90	21,689.64	37,126.10	498,498.25			
Ιουνίου	16,350.55	108,894.68	209,050.99	18,288.84	28,536.45	364,770.96			
Ιουλίου	19,364.51	128,967.62	253,254.10	19,643.49	32,052.17	433,917.38			
Αυγούστου	18,272.18	121,692.73	194,997.74	18,535.43	27,688.15	362,914.05			
Σεπτεμβρίου	21,499.01	143,183.41	210,926.16	21,808.74	31,816.31	407,734.62			
Οκτωβρίου	31,435.44	209,360.00	307,444.90	31,689.14	45,806.33	594,300.37			
Νοεμβρίου	17,853.64	118,905.22	338,833.06	20,716.96	37,750.53	516,205.77			
Δεκεμβρίου	17,192.13	114,499.57	315,995.81	17,439.81	33,772.10	481,707.29			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						7,221,055			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Σύνολο (€)						8,448,633			

6.2.13 Σενάριο 13: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Τα πλοία container σε συνδυασμό με τα bulk παρουσιάζουν μία αιχμή φορτίου που φτάνει τα 19,4MW, ένα συντελεστή φορτίου 0,41 και το μέσο φορτίο τους είναι 8MW. Η ετήσια ενέργεια ζήτησης είναι 70022,4MWh και έχουν συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,8. Ο συντελεστής ισχύος τους είναι 0,8. Στο σενάριο αυτό βάσει του φορτίου αιχμής και του συντελεστή ισχύος θα ζητηθούν τρεις παροχές των 10MVA. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης τιμολογείται το ωριαίο φορτίο των συγκεκριμένων πλοίων μαζί με τις απώλειες των μετασηματιστών. Η τιμολόγηση γίνεται με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.8, για τα τιμολόγια ΒΥ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μεγαλύτερου ή ίσου του 0,3. Στο ετήσιο κόστος τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, το οποίο υπολογίστηκε με τον τρόπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.6 για το μέγεθος της εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε για το εκάστοτε σενάριο.

Το πιο οικονομικό συνολικό ετήσιο κόστος είναι αυτό για τιμολόγιο ΒΓ, το οποίο ανέρχεται στα 9.212.615 ευρώ, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος για το τιμολόγιο ΒΥ ανέρχεται στα 9.298.633 ευρώ (πίνακες 21 και 22).

Το σενάριο αυτό, σε σύγκριση με το σενάριο 6 όπου το κόστος των πλοίων container και bulk για πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες είναι 8.417.422 ευρώ, δεν είναι βιώσιμο.

Table 21 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΥ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων containerκαι bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	17,014.10	151,085.21	352,977.78	19,648.52	39,287.55	562,999.06	4903.71	615066	1253950
Φεβρουαρίου	19,318.70	171,550.06	309,425.47	23,124.48	39,837.59	543,937.60			
Μαρτίου	18,843.90	167,333.83	464,469.28	22,556.15	48,724.53	703,083.79			
Απριλίου	17,665.80	156,872.30	373,777.16	19,863.14	40,775.19	591,287.80			
Μαΐου	19,388.20	172,167.22	398,868.40	21,991.52	44,066.52	637,093.66			
Ιουνίου	17,151.00	152,300.88	317,871.31	20,529.75	38,120.43	528,822.36			
Ιουλίου	13,671.40	121,402.03	284,267.88	16,364.67	32,164.84	454,199.42			
Αυγούστου	14,460.10	128,405.69	234,441.38	16,830.66	29,495.36	409,173.08			
Σεπτεμβρίου	16,645.40	147,811.15	220,383.43	16,535.72	28,619.05	413,349.35			
Οκτωβρίου	16,743.10	148,678.73	310,845.29	20,041.49	37,062.78	516,628.29			
Νοεμβρίου	18,409.50	163,476.36	406,454.79	21,928.80	44,669.15	636,529.10			
Δεκεμβρίου	18,143.40	161,113.39	383,043.01	21,717.65	43,350.56	609,224.61			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						8,480,248			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385.00			
Σύνολο (€)						9,298,633			

Table 22 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση(kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	17,014.10	113,313.91	385,536.47	19,648.52	39,287.55	557,786.45	4903.71	615066	1253950
Φεβρουαρίου	19,318.70	128,662.54	337,961.54	23,124.48	39,837.59	529,586.16			
Μαρτίου	18,843.90	125,500.37	507,339.47	22,556.15	48,724.53	704,120.52			
Απριλίου	17,665.80	117,654.23	408,274.50	19,863.14	40,775.19	586,567.06			
Μαΐου	19,388.20	129,125.41	435,586.63	21,991.52	44,066.52	630,770.08			
Ιουνίου	17,151.00	114,225.66	347,268.89	20,529.75	38,120.43	520,144.72			
Ιουλίου	13,671.40	91,051.52	310,504.66	16,364.67	32,164.84	450,085.68			
Αυγούστου	14,460.10	96,304.27	256,031.80	16,830.66	29,495.36	398,662.09			
Σεπτεμβρίου	16,645.40	110,858.36	240,808.51	16,535.72	28,619.05	396,821.65			
Οκτωβρίου	16,743.10	111,509.05	339,493.30	20,041.49	37,062.78	508,106.62			
Νοεμβρίου	18,409.50	122,607.27	443,983.06	21,928.80	44,669.15	633,188.28			
Δεκεμβρίου	18,143.40	120,835.04	418,567.54	21,717.65	43,350.56	604,470.79			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						8,394,230			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης συστήματος ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385.00			
Σύνολο (€)						9,212,615			

6.2.14 Σενάριο 14: κρουαζιερόπλοια & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI).

Τα κρουαζιερόπλοια σε συνδυασμό με τα πλοία container και bulk παρουσιάζουν μία αιχμή φορτίου που φτάνει τα 30,2MW, ένα συντελεστή φορτίου 0,28 και το μέσο φορτίο τους είναι 8,4MW. Η ετήσια ενέργεια ζήτησης είναι 73969,2MWh και έχουν συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,69. Ο συντελεστής ισχύος τους είναι 0,8. Στο σενάριο αυτό βάσει του φορτίου αιχμής και του συντελεστή ισχύος θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5MVA και τρεις των 10MVA. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων, των πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης τιμολογείται το ωριαίο φορτίο των συγκεκριμένων πλοίων μαζί με τις απώλειες των μετασχηματιστών. Η τιμολόγηση γίνεται με τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 5.8, για τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερου του 0,3. Στο ετήσιο κόστος τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, το οποίο υπολογίστηκε με τον τρόπο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.6 για το μέγεθος της εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε για το εκάστοτε σενάριο.

Το πιο οικονομικό συνολικό ετήσιο κόστος είναι αυτό για τιμολόγιο ΒΓ, το οποίο ανέρχεται στα 10.804.868 ευρώ, ενώ το συνολικό ετήσιο κόστος για το τιμολόγιο ΒΧ ανέρχεται στα 10.922.452 ευρώ (πίνακες 23 και 24).

Το σενάριο αυτό, σε σύγκριση με το σενάριο 7 όπου το κόστος των κρουαζιερόπλοιων, των πλοίων container και bulk για πλήρη κάλυψη των αναγκών τους από ντιζελογεννήτριες είναι 8.842.528 ευρώ, δεν είναι βιώσιμο.

Table 23 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΧ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση(kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	17,013.60	103,782.96	429,657.17	19,650.07	39,333.92	592,424.12	5187.74	650691.2	1326580.02
Φεβρουαρίου	19,311.20	117,798.32	376,677.67	23,115.51	39,871.37	557,462.87			
Μαρτίου	18,837.90	114,911.19	570,795.65	29,674.59	55,613.83	770,995.26			
Απριλίου	17,663.50	107,747.35	468,362.06	20,316.08	41,910.32	638,335.82			
Μαΐου	19,380.50	118,221.05	507,707.88	23,346.53	46,516.68	695,792.14			
Ιουνίου	17,150.20	104,616.22	393,506.03	24,609.72	42,260.96	564,992.93			
Ιουλίου	19,904.20	121,415.62	408,793.47	21,556.77	40,082.91	591,848.77			
Αυγούστου	17,430.50	106,326.05	310,481.00	20,864.31	34,423.67	472,095.04			
Σεπτεμβρίου	18,875.10	115,138.11	328,310.44	21,810.54	36,410.44	501,669.53			
Οκτωβρίου	30,181.20	184,105.32	455,841.12	34,396.39	53,891.14	728,233.97			
Νοεμβρίου	18,404.90	112,269.89	500,172.52	24,035.76	46,954.88	683,433.05			
Δεκεμβρίου	18,139.60	110,651.56	466,582.22	21,713.10	43,389.41	642,336.29			
Συνολικό τιμολόγιο (€)							9,422,079		
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης (€)							1,500,373		
Σύνολο (€)							10,922,452		

Table 24 Ετήσιο τιμολόγιο ΒΓ για πλήρη κάλυψη των αναγκών κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης.

	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	20,076.05	133,706.48	386,348.80	19,650.07	39,333.92	579,039.27	5187.74	650691.2	1326580.02
Φεβρουαρίου	22,787.22	151,762.86	338,715.21	23,115.51	39,871.37	553,464.94			
Μαρτίου	22,228.72	148,043.29	513,204.77	29,674.59	55,613.83	746,536.48			
Απριλίου	20,842.93	138,813.91	421,123.55	20,316.08	41,910.32	622,163.87			
Μαΐου	22,868.99	152,307.47	456,582.64	23,346.53	46,516.68	678,753.32			
Ιουνίου	20,237.24	134,779.99	353,728.93	24,609.72	42,260.96	555,379.60			
Ιουλίου	23,486.96	156,423.13	367,564.34	21,556.77	40,082.91	585,627.16			
Αυγούστου	20,567.99	136,982.81	279,254.35	20,864.31	34,423.67	471,525.14			
Σεπτεμβρίου	22,272.62	148,335.64	295,136.44	21,810.54	36,410.44	501,693.05			
Οκτωβρίου	35,613.82	237,188.01	410,057.81	34,396.39	53,891.14	735,533.36			
Νοεμβρίου	21,717.78	144,640.43	449,691.27	24,035.76	46,954.88	665,322.33			
Δεκεμβρίου	21,404.73	142,555.49	419,339.34	21,713.10	43,389.41	626,997.34			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						9,304,495			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης ψυχρής εκκίνησης (€)						1,500,373			
Σύνολο (€)						10,804,868			

6.2.15 Σενάριο 15: κρουαζιερόπλοιο πλήρους κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wp, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Οι παροχές που θα ζητηθούν θα είναι δύο των 12,5MVA. Για το σενάριο αυτό το πιο οικονομικό τιμολόγιο είναι το ΒΧ, για το οποίο και έγιναν οι υπολογισμοί του ετήσιου τιμολογίου. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου και της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, με το αποτέλεσμα να είναι εμφανές από τις πρώτες δοκιμές. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου, όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Το συμπέρασμα των βελτιστοποιήσεων είναι ότι για καμία τιμή αγροτεμαχίου που μελετήθηκε (5€/m² , 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m²), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ, δεν συμφέρει η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το γράφημα του ετήσιου κόστους του λιμένα, συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου, για κάθε τιμή αγοράς αγροτεμαχίου που μελετάται, για τιμολόγιο ΒΧ.

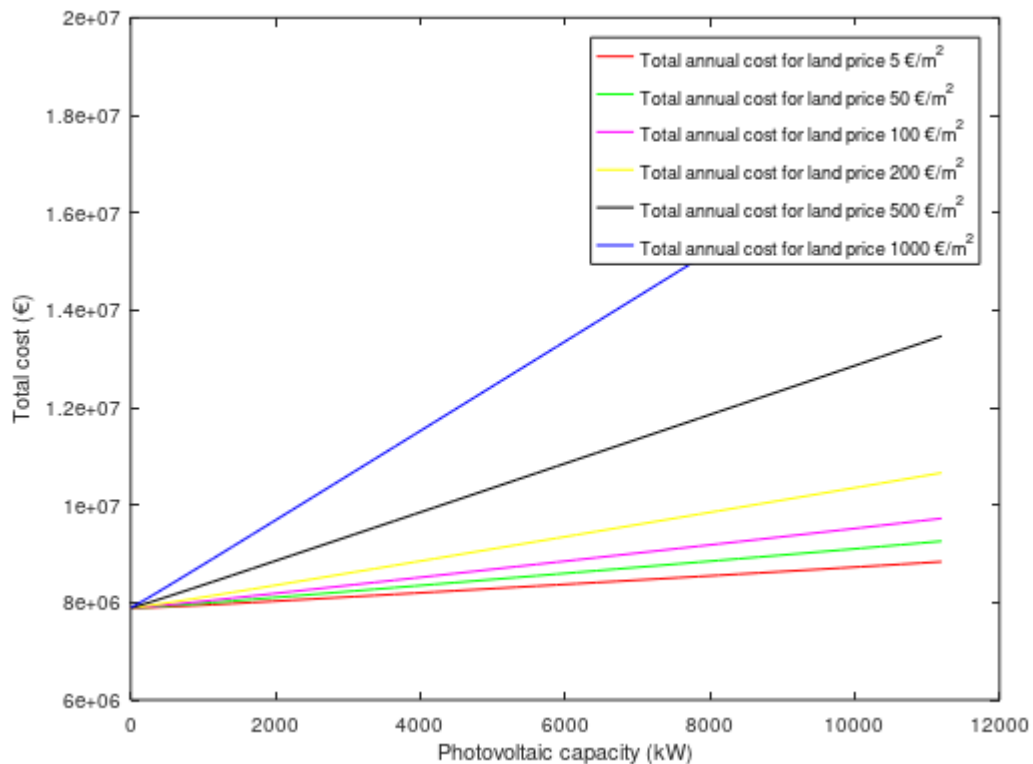


Figure 14 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², για τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

6.2.16 Σενάριο 16: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο) θα ζητηθεί μία παροχή των 10MVA. Γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Για το σενάριο αυτό η τιμολόγηση γίνεται για ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο του 0,3 , για το

οποίο και έγιναν οι υπολογισμοί του ετήσιου τιμολογίου. Λόγω της χρήσης φ/β πλαϊσίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου και της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου. Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 10000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 25:

Table 25 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαϊσίων (των 280 Wp)		10000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		24960							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	6,163.46	41,048.63	74,073.03	4,447.31	8,106.48	127,675.45	1029.43	129120.7	263241.58
Φεβρουαρίου	6,031.33	40,168.68	59,609.19	3,824.16	6,787.28	110,389.31			
Μαρτίου	6,199.09	41,285.97	57,965.93	3,828.65	6,674.66	109,755.21			
Απριλίου	5,253.88	34,990.84	54,733.23	2,874.98	5,645.52	98,244.56			
Μαΐου	8,202.29	54,627.23	108,169.80	6,088.50	11,572.11	180,457.64			
Ιουνίου	7,808.45	52,004.27	108,142.20	5,285.20	10,841.54	176,273.21			
Ιουλίου	7,762.48	51,698.09	76,661.87	3,215.88	7,246.66	138,822.51			
Αυγούστου	5,656.38	37,671.47	56,364.80	3,320.15	6,178.30	103,534.72			
Σεπτεμβρίου	5,953.40	39,649.61	62,071.57	3,326.74	6,491.75	111,539.66			
Οκτωβρίου	6,126.63	40,803.36	85,184.07	5,546.93	9,777.94	141,312.30			
Νοεμβρίου	6,418.87	42,749.67	95,794.24	4,030.28	9,060.49	151,634.69			
Δεκεμβρίου	6,145.64	40,929.97	91,166.15	4,604.08	9,272.04	145,972.24			
Συνολικό τιμολόγιο(€)						1,989,003.00			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						320,814.00			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						272,795.00			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						11,691.00			
Συνολικό ετήσιο κόστος(€)						2,594,303			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 11000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 26:

Table 26 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου contrainer: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						11000			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						27456			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς	Χρέωση Δικτύου Διανομής	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	5,223.27	31,861.95	81,333.59	4,295.97	7,920.99	125,412.50	1009.031	126561.3	258023.636
Φεβρουαρίου	5,110.98	31,176.98	65,318.44	3,812.91	6,731.23	107,039.56			
Μαρτίου	5,253.47	32,046.17	63,195.68	3,744.98	6,539.85	105,526.68			
Απριλίου	4,449.72	27,143.29	59,158.06	2,778.06	5,478.72	94,558.13			
Μαΐου	6,829.19	41,658.06	117,295.25	6,007.53	11,358.09	176,318.93			
Ιουνίου	6,617.20	40,364.92	116,896.50	5,125.02	10,536.14	172,922.57			
Ιουλίου	6,578.37	40,128.06	82,467.96	2,904.05	6,829.69	132,329.76			
Αυγούστου	4,793.54	29,240.59	60,987.11	3,190.32	5,979.03	99,397.06			
Σεπτεμβρίου	5,031.87	30,694.41	67,410.00	3,323.53	6,413.35	107,841.29			
Οκτωβρίου	5,192.06	31,671.57	93,163.46	5,442.78	9,608.91	139,886.72			
Νοεμβρίου	5,439.72	33,182.29	105,042.77	3,874.93	8,844.41	150,944.40			
Δεκεμβρίου	5,208.17	31,769.84	100,167.49	4,468.29	9,088.59	145,494.21			
Συνολικό τιμολόγιο						1,943,266			
Κόστος εγκατάστασης Φ/Π						352,895			
Ετήσιο Ισοδύναμο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης						272,795			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						12,860			
Συνολικό ετήσιο κόστος						2,581,816			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 2 (κόστος πλοίων 2.231.053€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 6000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 27:

Table 27 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		6000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		14976							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	6,163.46	41,048.63	78,016.12	5,052.66	8,864.83	132,982.25	1127.22	141386	288247.03
Φεβρουαρίου	6,032.87	40,178.90	63,533.78	3,869.19	7,035.17	114,617.04			
Μαρτίου	6,199.09	41,285.97	63,343.73	4,407.59	7,484.81	116,522.10			
Απριλίου	5,266.75	35,076.57	62,553.05	3,336.60	6,465.30	107,431.53			
Μαΐου	8,777.69	58,459.41	120,850.16	6,412.44	12,527.13	198,249.14			
Ιουνίου	8,119.27	54,074.36	121,809.81	6,015.82	12,226.44	194,126.44			
Ιουλίου	7,762.48	51,698.09	89,464.09	4,463.21	9,053.47	154,678.87			
Αυγούστου	6,040.97	40,232.89	65,285.28	4,283.20	7,527.88	117,39.25			
Σεπτεμβρίου	6,016.51	40,069.98	69,871.84	3,685.67	7,222.54	120,850.03			
Οκτωβρίου	6,126.63	40,803.36	91,633.59	5,963.56	10,496.88	148,897.39			
Νοεμβρίου	6,418.87	42,749.67	101,671.07	4,651.66	9,940.99	159,013.40			
Δεκεμβρίου	6,145.64	40,929.97	95,843.30	5,147.21	10,018.49	151,938.97			
Συνολικό τιμολόγιο(€)						2,147,397.00			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						192,488.00			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						272,795.00			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						70,146.00			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						2,682,826			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 7000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 28:

Table 28 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		7000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		17472							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	5,223.27	31,861.95	85,575.94	4,901.32	8,673.35	131,012.56	1100.652	138053.2	281452.344
Φεβρουαρίου	5,112.28	31,184.91	69,485.93	3,857.94	6,969.82	111,498.60			
Μαρτίου	5,253.47	32,046.17	68,749.47	4,138.51	7,160.26	112,094.41			
Απριλίου	4,460.62	27,209.78	67,116.52	3,165.74	6,198.04	103,690.09			
Μαΐου	7,316.81	44,632.54	130,603.29	6,331.45	12,275.60	193,842.88			
Ιουνίου	6,808.05	41,529.11	131,520.56	5,833.17	11,872.86	190,755.70			
Ιουλίου	6,578.37	40,128.06	95,520.93	4,151.38	8,580.20	148,380.56			
Αυγούστου	5,003.49	30,521.29	69,689.33	3,966.87	7,100.08	111,277.57			
Σεπτεμβρίου	5,085.36	31,020.70	75,345.83	3,396.42	6,848.09	116,611.03			
Οκτωβρίου	5,192.06	31,671.57	99,959.70	5,859.40	10,310.67	147,801.33			
Νοεμβρίου	5,439.72	33,182.29	111,457.09	4,496.32	9,719.75	158,855.45			
Δεκεμβρίου	5,208.17	31,769.84	105,252.78	5,011.42	9,829.78	151,863.82			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						2,098,290			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						224,570			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						272,795			
Ισοδύναμο Ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						81,837			
Συνολικό Ετήσιο Κόστος (€)						2,677,492			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 2 (κόστος πλοίων 2.231.053€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², 200€/m², 500€/m² και 1000€/m², ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΓ και ΒΧ, βέλτιστη λύση δεν υπάρχει, καθώς οι γραφικές παραστάσεις του ετήσιου κόστους συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου είναι αύξουσες. Συνεπώς για τέτοιες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου δεν είναι συμφέρουσα η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το γράφημα του ετήσιου κόστους του λιμένα, συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου, για κάθε τιμή αγοράς αγροτεμαχίου που μελετάται, για τιμολόγιο ΒΓ (σχήμα 15).

Επιπλέον παρατηρείται ότι με την αύξηση της τιμής οικοπέδου περιορίζεται η δυνατότητα προσθήκης φ/β πλαισίων, ενώ η χρήση τιμολογίου ΒΧ απαιτεί την προσθήκη μεγαλύτερου αριθμού πλαισίων, δίνοντας όμως καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα.

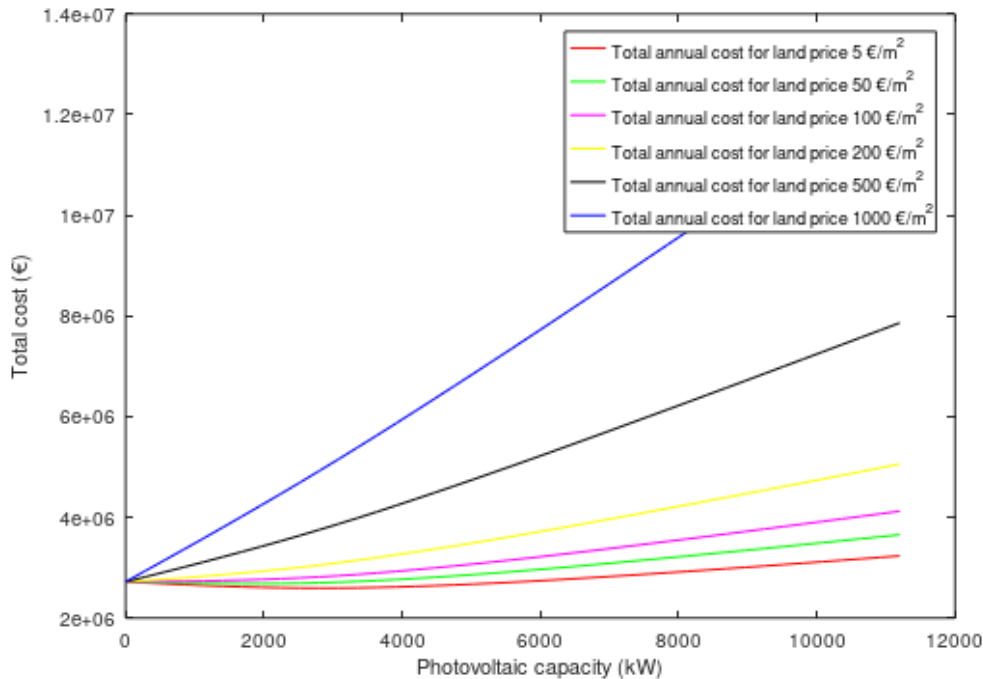


Figure 15 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

6.2.17 Σενάριο 17: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI-πάροχος & Φ/Β).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο) θα ζητηθούν δύο παροχές των 10MVA. Γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΥ και ΒΓ υψηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου και της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΓ, είναι στα 22000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 29:

Table 29 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		22000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		54912							
Στοιχεία Τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,463.90	96,329.57	274,858.67	15,616.30	29,633.61	416,438.16	2946.18	369535.5	753381.08
Φεβρουαρίου	14,741.60	98,179.06	238,697.31	16,546.85	28,419.10	381,842.31			
Μαρτίου	16,246.30	108,200.36	386,801.97	17,199.09	37,329.78	549,531.20			
Απριλίου	14,134.10	94,133.11	263,169.44	16,043.39	29,520.77	402,866.71			
Μαΐου	14,287.50	95,154.75	211,747.93	12,210.84	23,052.26	342,165.78			
Ιουνίου	12,547.90	83,569.01	133,244.62	9,481.15	16,313.28	242,608.06			
Ιουλίου	8,828.67	58,798.94	114,667.68	4,088.82	10,308.59	187,864.03			
Αυγούστου	7,668.61	51,072.94	105,008.27	5,614.66	11,089.05	172,784.93			
Σεπτεμβρίου	13,622.90	90,728.51	113,731.61	12,813.05	18,294.98	235,568.15			
Οκτωβρίου	15,005.10	99,933.97	197,091.62	12,665.82	22,584.50	332,275.90			
Νοεμβρίου	14,425.70	96,075.16	298,027.37	14,106.29	29,488.59	437,697.41			
Δεκεμβρίου	12,333.00	82,137.78	287,469.97	14,300.08	29,372.32	413,280.14			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο(€)						5,240,786.00			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						705,791.00			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						545,590.00			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						25,720.00			
Συνολικό Ετήσιο Κόστος (€)						6,517,887.00			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΥ, είναι στα 21000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 30:

Table 30 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		21000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		52416							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΟ (€)
Ιανουαρίου	14,473.90	128,528.23	252,626.49	15,653.65	29,729.02	426,537.40	2968.802	372372.6	759165.06
Φεβρουαρίου	14,758.10	131,051.93	219,627.74	16,581.80	28,517.08	395,778.55			
Μαρτίου	16,246.30	144,267.14	355,909.87	17,283.60	37,517.32	554,977.94			
Απριλίου	14,134.10	125,510.81	243,214.59	16,161.18	29,769.78	414,656.36			
Μαΐου	14,287.50	126,873.00	196,507.12	12,522.77	23,494.33	359,397.23			
Ιουνίου	12,548.10	111,427.13	123,751.08	9,517.55	16,460.39	261,156.15			
Ιουλίου	8,828.67	78,398.59	106,735.86	4,405.04	10,708.20	200,247.69			
Αυγούστου	7,668.61	68,097.26	97,526.71	5,684.95	11,236.68	182,545.60			
Σεπτεμβρίου	13,636.90	121,095.67	104,993.67	12,830.04	18,370.70	257,290.09			
Οκτωβρίου	15,005.10	133,245.29	181,755.85	12,728.54	22,721.45	350,451.12			
Νοεμβρίου	14,431.30	128,149.94	274,259.36	14,288.95	29,739.74	446,437.99			
Δεκεμβρίου	12,370.80	109,852.70	264,127.18	14,439.17	29,566.13	417,985.19			
Συνολικό Ετήσιο τιμολόγιο(€)						5,401,968			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						673,709			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						545,590			
Ισοδύναμο Ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						24,551			
Συνολικό Ετήσιο Κόστος (€)						6,645,818			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 3 (κόστος πλοίων 6.172.942€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΓ, είναι στα 14000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 31:

Table 31 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						14000			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						34944			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,544.00	96,863.04	284,223.35	15,915.07	30,404.39	427,405.85	3148.498	394911.7	805116.14
Φεβρουαρίου	14,873.40	99,056.84	248,899.00	16,826.59	29,220.86	394,003.29			
Μαρτίου	16,246.30	108,200.36	403,571.07	17,874.44	38,845.05	568,490.92			
Απριλίου	14,134.10	94,133.11	285,653.13	16,986.03	31,582.91	428,355.17			
Μαΐου	14,287.50	95,154.75	238,086.67	14,706.70	26,718.62	374,666.75			
Ιουνίου	12,549.70	83,581.00	153,091.13	11,770.82	19,499.49	267,942.43			
Ιουλίου	8,828.67	58,798.94	136,228.60	6,618.64	13,777.59	215,423.78			
Αυγούστου	7,668.61	51,072.94	122,147.93	7,534.01	13,745.88	194,500.76			
Σεπτεμβρίου	13,735.00	91,475.10	124,201.67	12,949.39	18,991.47	247,617.63			
Οκτωβρίου	15,005.10	99,933.97	209,848.84	14,419.78	24,874.30	349,076.89			
Νοεμβρίου	14,470.50	96,373.53	310,797.24	15,567.82	31,500.69	454,239.28			
Δεκεμβρίου	12,881.30	85,789.46	297,541.63	15,418.92	30,934.76	429,684.76			
Συνολικό τιμολόγιο(€)						5,554,584			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						449,140			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						545,590			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						163,675			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						6,712,989			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΥ, στα 13000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 32:

Table 32 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						13000			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						32448			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς	Χρέωση Δικτύου Διανομής	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (eyrv)	ΕΤΕΑΡ (eyrv)	ΥΚΩ (eyrv)
Ιανουαρίου	14,554.00	129,239.52	261,245.04	15,978.03	30,525.27	436,987.87	3177.275	398521.1	812474.601
Φεβρουαρίου	14,889.90	132,222.31	229,052.97	16,861.54	29,323.07	407,459.89			
Μαρτίου	16,246.30	144,267.14	371,371.73	17,958.83	39,037.56	572,635.26			
Απριλίου	14,134.10	125,510.81	264,232.65	17,103.81	31,854.75	438,702.02			
Μαΐου	14,328.30	127,235.30	221,265.61	15,018.64	27,194.50	390,714.06			
Ιουνίου	12,549.90	111,443.11	142,741.49	12,092.69	19,955.65	286,232.94			
Ιουλίου	8,828.67	78,398.59	127,885.55	6,934.88	14,255.84	227,474.86			
Αυγούστου	7,668.61	68,097.26	114,485.54	7,833.90	14,176.19	204,592.89			
Σεπτεμβρίου	13,749.10	122,092.01	115,059.86	12,966.38	19,095.24	269,213.49			
Οκτωβρίου	15,005.10	133,245.29	193,658.77	14,664.33	25,189.89	366,758.28			
Νοεμβρίου	14,476.10	128,547.77	285,974.46	15,750.49	31,752.23	462,024.94			
Δεκεμβρίου	13,002.60	115,463.09	273,379.20	15,564.11	31,135.32	435,541.72			
Συνολικό Ετήσιο Τιμολόγιο (€)						5,712,511			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						417,058			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						545,590			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						151,984			
Συνολικό Ετήσιο Κόστος (€)						6,827,143			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 3 (κόστος πλοίων 6.172.942€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΓ, είναι στα 5000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 33:

Table 33 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		5000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		12480							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,634.10	97,463.11	295,116.45	17,501.10	32,436.37	442,517.02	3429.6450	430175.5	877009.226
Φεβρουαρίου	15,241.70	101,509.72	260,901.64	18,244.31	31,160.04	411,815.72			
Μαρτίου	16,246.30	108,200.36	423,276.85	18,634.18	40,591.46	590,702.85			
Απριλίου	14,134.10	94,133.11	314,650.22	18,046.45	34,090.76	460,920.53			
Μαΐου	15,150.60	100,903.00	271,872.65	17,514.50	31,061.69	421,351.85			
Ιουνίου	12,690.50	84,518.73	183,405.60	14,667.92	23,790.21	306,382.45			
Ιουλίου	8,828.67	58,798.94	173,025.98	9,464.71	18,338.28	259,627.92			
Αυγούστου	9,262.16	61,685.99	152,781.09	10,232.90	17,841.93	242,541.91			
Σεπτεμβρίου	13,861.20	92,315.59	142,979.27	13,102.60	20,149.32	268,546.78			
Οκτωβρίου	15,005.10	99,933.97	226,607.07	16,620.23	27,781.17	370,942.44			
Νοεμβρίου	14,520.90	96,709.19	325,172.06	17,212.02	33,764.71	472,857.99			
Δεκεμβρίου	13,972.80	93,058.85	308,936.71	16,725.44	32,739.55	451,460.55			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο(€)						6,010,282			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						160,407			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						545,590			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						116,911			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						6,833,190			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 5000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 34:

Table 34 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		5000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		12480							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουτές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,634.10	129,950.81	270,138.44	17,501.10	32,436.37	450,026.71	3429.645	430175.5	877009.22
Φεβρουαρίου	15,241.70	135,346.30	238,848.45	18,244.31	31,160.04	423,599.10			
Μαρτίου	16,246.30	144,267.14	387,453.79	18,634.18	40,591.46	590,946.57			
Απριλίου	14,134.10	125,510.81	287,983.35	18,046.45	34,090.76	465,631.37			
Μαΐου	15,150.60	134,537.33	248,910.96	17,514.50	31,061.69	432,024.49			
Ιουνίου	12,690.50	112,691.64	167,801.82	14,667.92	23,790.21	318,951.58			
Ιουλίου	8,828.67	78,398.59	158,355.49	9,464.71	18,338.28	264,557.07			
Αυγούστου	9,262.16	82,247.98	139,862.85	10,232.90	17,841.93	250,185.66			
Σεπτεμβρίου	13,861.20	123,087.46	130,776.64	13,102.60	20,149.32	287,116.01			
Οκτωβρίου	15,005.10	133,245.29	207,448.79	16,620.23	27,781.17	385,095.47			
Νοεμβρίου	14,520.90	128,945.59	297,689.58	17,212.02	33,764.71	477,611.91			
Δεκεμβρίου	13,972.80	124,078.46	282,662.61	16,725.44	32,739.55	456,206.06			
Συνολικό τιμολόγιο						6,112,566			
Κόστος εγκατάστασης Φ/Π						160,407			
Ετήσιο Ισοδύναμο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης						545,590			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						116,911			
Σύνολο (€)						6,935,474			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 3 (κόστος πλοίων 6.172.942€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², 500€/m² και 1000€/m², βέλτιστη λύση δεν υπάρχει, καθώς οι γραφικές παραστάσεις του ετήσιου κόστους συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και για τα δύο είδη τιμολογίου (ΒΥ και ΒΓ) είναι αύξουσες. Συνεπώς για τέτοιες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου δεν είναι συμφέρουσα η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις για αυτές τις τιμές αγροτεμαχίου, με τιμολόγηση ΒΓ.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το γράφημα του ετήσιου κόστους του λιμένα, συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου, για κάθε τιμή αγοράς αγροτεμαχίου που μελετάται, για τιμολόγιο ΒΓ (σχήμα 16).

Επιπλέον παρατηρείται ότι με την αύξηση της τιμής οικοπέδου περιορίζεται η δυνατότητα προσθήκης φ/β πλαισίων, ενώ η χρήση τιμολογίου ΒΓ απαιτεί την προσθήκη μεγαλύτερου αριθμού πλαισίων, δίνοντας όμως καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα.

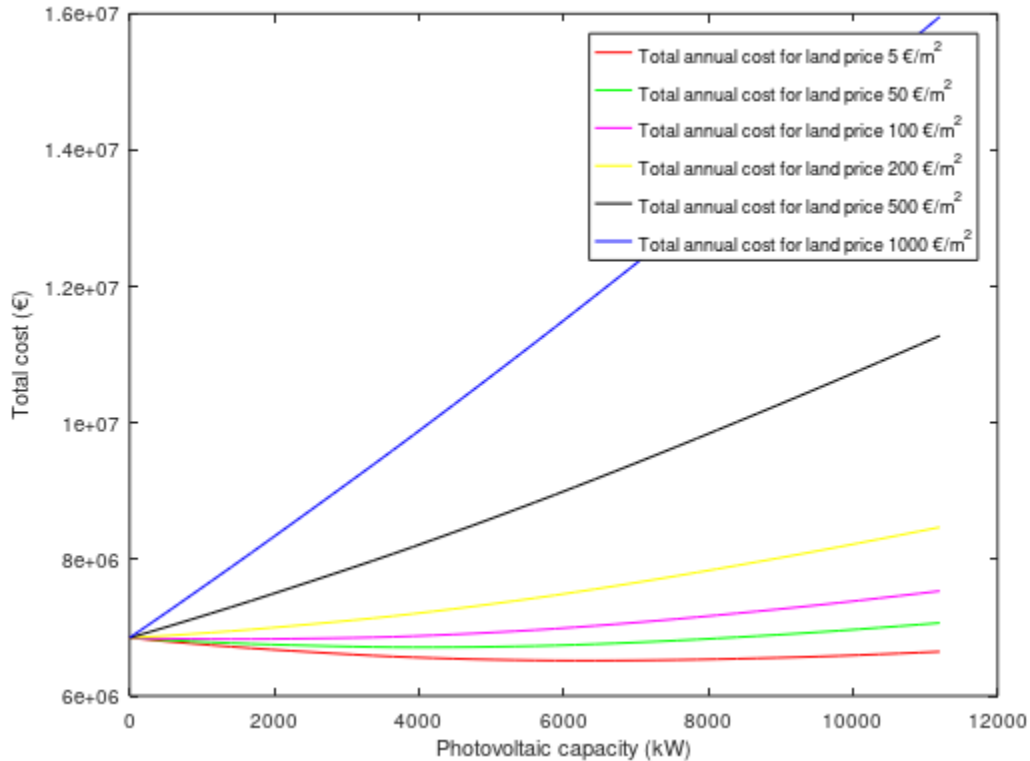


Figure 16 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

6.2.18 Σενάριο 18: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο) θα ζητηθούν δύο παροχές των 12.5MVA και μία των 10MVA. Γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Για το σενάριο αυτό η τιμολόγηση γίνεται για ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο του 0,3 , για το οποίο και έγιναν οι υπολογισμοί του ετήσιου τιμολογίου. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου και της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, όπως αυτά παρουσιάζονται στην

παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 13000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 35:

Table 35 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλασιών (των 280 Wp)		13000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		3640							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		32448							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση(kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	5,235.76	31,938.14	80,429.02	4,009.50	7,619.37	123,996.02	1240.472	155590.6	317206.449
Φεβρουαρίου	5,123.29	31,252.07	64,446.04	3,813.67	6,693.36	106,205.14			
Μαρτίου	5,265.82	32,121.50	67,195.99	11,124.15	13,543.90	123,985.54			
Απριλίου	10,836.70	66,103.87	69,455.25	11,199.12	13,723.05	160,481.29			
Μαΐου	12,670.90	77,292.49	132,468.34	9,685.91	15,542.13	234,988.87			
Ιουνίου	6,622.46	40,397.01	117,985.22	14,149.74	18,921.40	191,453.37			
Ιουλίου	13,020.60	79,425.66	137,490.32	11,911.75	17,835.45	246,663.19			
Αυγούστου	11,195.40	68,291.94	82,556.95	12,721.00	15,745.87	179,315.76			
Σεπτεμβρίου	13,963.00	85,174.30	119,367.89	13,034.25	17,864.85	235,441.29			
Οκτωβρίου	22,115.80	134,906.38	166,893.65	23,284.16	29,414.03	354,498.22			
Νοεμβρίου	5,451.24	33,252.56	108,668.10	13,139.71	17,559.01	172,619.39			
Δεκεμβρίου	5,220.72	31,846.39	98,871.24	4,212.93	8,795.61	143,726.16			
Συνολικό τιμολόγιο(€)						2,747,412			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						417,058			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						954,783			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						15,198			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						4,134,451			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 13000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 36:

Table 36 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		13000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		3640							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		32448							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	6,178.20	41,146.79	72,352.16	4,009.50	7,619.37	125,127.81	1240.472	155590.6	317206.45
Φεβρουαρίου	6,045.48	40,262.91	57,950.29	3,813.67	6,693.36	108,720.23			
Μαρτίου	6,213.67	41,383.03	60,413.90	11,124.15	13,543.90	126,464.98			
Απριλίου	12,787.31	85,163.46	62,446.52	11,199.12	13,723.05	172,532.15			
Μαΐου	14,951.66	99,578.07	119,057.93	9,685.91	15,542.13	243,864.04			
Ιουνίου	7,814.50	52,044.59	106,030.06	14,149.74	18,921.40	191,145.79			
Ιουλίου	15,364.31	102,326.29	123,571.04	11,911.75	17,835.45	255,644.54			
Αυγούστου	13,210.57	87,982.41	74,241.81	12,721.00	15,745.87	190,691.09			
Σεπτεμβρίου	16,476.34	109,732.42	107,339.20	13,034.25	17,864.85	247,970.73			
Οκτωβρίου	26,096.64	173,803.65	150,204.61	23,284.16	29,414.03	376,706.45			
Νοεμβρίου	6,432.46	42,840.20	97,635.63	13,139.71	17,559.01	171,174.55			
Δεκεμβρίου	6,160.45	41,028.59	88,887.79	4,212.93	8,795.61	142,924.92			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						2,827,005			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						417,058			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						954,783			
Ισοδύναμο Ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						15,198			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						4,214,044			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 4 (κόστος πλοίων 2.684.068€), δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΧ, είναι στα 9000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 37 :

Table 37 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ(φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		9000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		2520							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		22464							
Στοιχεία Τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	5,235.76	31,938.14	84,406.36	4,614.85	8,359.68	129,319.03	1327.844	166549.6	339548.79
Φεβρουαρίου	5,124.59	31,260.00	68,252.64	3,858.70	6,914.54	110,285.87			
Μαρτίου	5,265.82	32,121.50	72,316.18	11,874.48	14,474.03	130,786.19			
Απριλίου	11,278.30	68,797.63	76,386.79	12,407.38	15,150.72	172,742.52			
Μαΐου	12,670.90	77,292.49	145,654.71	10,847.42	17,226.73	251,021.35			
Ιουνίου	6,664.13	40,651.19	131,070.93	15,158.81	20,459.34	207,340.27			
Ιουλίου	13,570.00	82,777.00	150,207.13	13,265.99	19,673.92	265,924.04			
Αυγούστου	11,195.40	68,291.94	89,994.78	12,932.75	16,289.08	187,508.55			
Σεπτεμβρίου	13,986.90	85,320.09	127,973.77	14,191.27	19,329.72	246,814.85			
Οκτωβρίου	22,115.90	134,906.99	173,857.92	24,140.38	30,527.85	363,433.13			
Νοεμβρίου	5,451.24	33,252.56	114,817.88	13,820.20	18,476.41	180,367.06			
Δεκεμβρίου	5,220.72	31,846.39	103,748.85	4,756.05	9,526.53	149,877.82			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο(€)						2,902,847			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π(€)						288,733			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης(€)						954,783			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						105,220			
Συνολικό Ετήσιο Κόστος (€)						4,251,583			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΓ, είναι στα 8000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 38:

Table 38 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ(φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		8000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		2240							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		19968							
Στοιχεία Τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	6,178.20	41,146.79	76,917.38	4,766.19	8,549.05	131,379.41	1353.56	169774.7	346123.78
Φεβρουαρίου	6,047.39	40,275.64	62,345.68	3,869.95	6,975.73	113,467.01			
Μαρτίου	6,213.67	41,383.03	66,397.17	12,143.68	14,792.74	134,716.63			
Απριλίου	13,438.67	89,501.52	70,708.80	12,709.51	15,530.56	188,450.38			
Μαΐου	14,951.66	99,578.07	134,373.19	11,162.28	17,695.12	262,808.66			
Ιουνίου	7,949.44	52,943.24	121,225.47	15,411.14	20,868.73	210,448.59			
Ιουλίου	16,174.73	107,723.72	138,524.84	13,604.50	20,167.15	280,020.22			
Αυγούστου	13,210.57	87,982.41	83,164.83	12,985.77	16,453.97	200,586.98			
Σεπτεμβρίου	16,511.50	109,966.62	117,447.78	14,480.47	19,717.39	261,612.26			
Οκτωβρίου	26,096.76	173,804.43	158,189.98	24,354.52	30,813.93	387,162.87			
Νοεμβρίου	6,432.46	42,840.20	104,639.49	13,990.30	18,709.94	180,179.93			
Δεκεμβρίου	6,160.45	41,028.59	94,440.15	4,891.84	9,712.66	150,073.25			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						3,018,158			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						256,651			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						954,783			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						93,529			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						4,323,121			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 4 (κόστος πλοίων 2.684.068€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΧ, είναι στα 2000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 39:

Table 39 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ(φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		2000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		560							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		4992							
Στοιχεία Τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	5,235.76	31,938.14	92,436.42	5,674.22	9,704.03	139,752.81	1529.268	191813.9	391055.7
Φεβρουαρίου	5,126.87	31,273.91	76,585.70	4,054.91	7,489.86	119,404.37			
Μαρτίου	5,265.82	32,121.50	84,446.42	13,758.68	16,773.00	147,099.61			
Απριλίου	12,132.00	74,005.20	94,654.72	14,522.00	17,930.19	201,112.12			
Μαΐου	12,670.90	77,292.49	174,898.73	13,051.49	20,628.70	285,871.41			
Ιουνίου	7,172.91	43,754.75	159,602.29	16,924.62	23,436.67	243,718.34			
Ιουλίου	14,531.50	88,642.15	181,100.13	15,635.81	23,314.29	308,692.39			
Αυγούστου	11,359.30	69,291.73	112,096.97	13,543.94	17,896.68	212,829.31			
Σεπτεμβρίου	14,028.70	85,575.07	147,922.02	16,216.00	22,123.24	271,836.33			
Οκτωβρίου	22,116.00	134,907.60	188,250.08	25,638.90	32,578.72	381,375.30			
Νοεμβρίου	5,451.24	33,252.56	126,565.80	15,010.98	20,126.76	194,956.10			
Δεκεμβρίου	5,220.72	31,846.39	113,279.60	5,706.53	10,854.47	161,687.00			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο(€)						3,252,734			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						64,163			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						954,783			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						46,764			
Συνολικό Ετήσιο Κόστος (€)						4,318,444			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση, για τιμολόγιο ΒΓ, είναι στα 1000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 40:

Table 40 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ(φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων		1000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		280							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		2496							
Στοιχεία Τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	6,178.20	41,146.79	84,241.24	5,825.56	9,897.91	141,111.50	1560.50	195731.4	399042.28
Φεβρουαρίου	6,050.08	40,293.56	70,035.12	4,256.23	7,734.97	122,319.88			
Μαρτίου	6,213.67	41,383.03	77,693.74	14,027.88	17,111.05	150,215.70			
Απριλίου	14,613.47	97,325.74	87,779.95	14,824.01	18,340.56	218,270.26			
Μαΐου	14,951.66	99,578.07	161,357.08	13,366.30	21,131.52	295,432.97			
Ιουνίου	8,549.81	56,941.72	147,412.47	17,176.95	23,876.33	245,407.48			
Ιουλίου	17,309.30	115,279.95	167,148.92	15,974.44	23,853.19	322,256.50			
Αυγούστου	13,640.45	90,845.37	104,144.84	13,836.96	18,338.57	227,165.74			
Σεπτεμβρίου	16,695.35	111,191.02	135,831.90	16,505.31	22,533.83	286,062.05			
Οκτωβρίου	26,096.88	173,805.22	171,394.30	25,852.93	32,876.65	403,929.10			
Νοεμβρίου	6,432.46	42,840.20	115,299.60	15,181.07	20,364.31	193,685.18			
Δεκεμβρίου	6,160.45	41,028.59	103,123.87	5,842.32	11,046.30	161,041.09			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο(€)						3,363,232			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						32,081			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						954,783			
Ισοδύναμο ετήσιο κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						23,382			
Συνολικό Ετήσιο Κόστος (€)						4,373,478			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 4 (κόστος πλοίων 2.684.068€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², 500€/m² και 1000€/m², βέλτιστη λύση δεν υπάρχει, καθώς οι γραφικές παραστάσεις του ετήσιου κόστους συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και για τα δύο είδη τιμολογίου (ΒΧ και ΒΓ) είναι αύξουσες. Συνεπώς για τέτοιες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου δεν είναι συμφέρουσα η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το γράφημα του ετήσιου κόστους του λιμένα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου, για κάθε τιμή αγοράς αγροτεμαχίου που μελετάται, για τιμολόγιο ΒΓ.

Επιπλέον παρατηρείται ότι με την αύξηση της τιμής οικοπέδου περιορίζεται η δυνατότητα προσθήκης φ/β πλαισίων, ενώ η χρήση τιμολογίου ΒΧ απαιτεί την προσθήκη μεγαλύτερου αριθμού πλαισίων, δίνοντας όμως καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα.

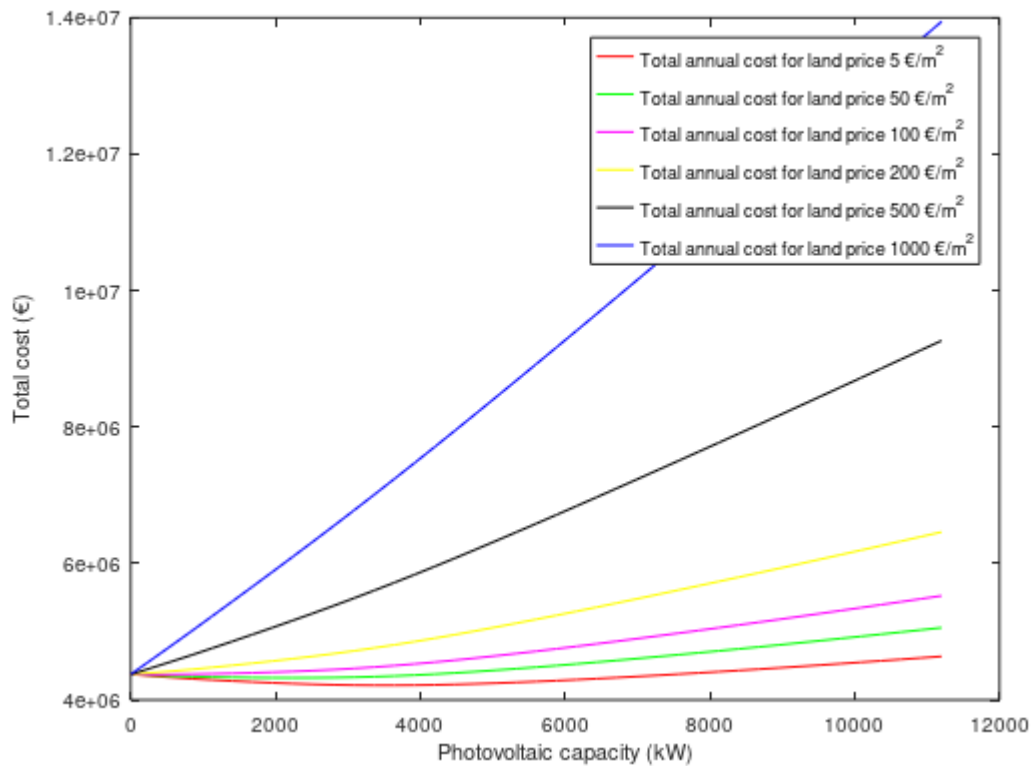


Figure 17 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου & πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

6.2.19 Σενάριο 19: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο) θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5MVA και δύο των 10MVA. Γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Για το σενάριο αυτό η τιμολόγηση γίνεται για ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο του 0,3 , για το οποίο και έγιναν οι υπολογισμοί του ετήσιου τιμολογίου. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη

ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου και της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6 . Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 27000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 41:

Table 41 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		27000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		7560							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		67392							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,996.37	113,195.80	269,796.58	15,422.63	29,189.21	427,604.21	3104.821	389433.3	793947.075
Φεβρουαρίου	17,283.70	115,109.42	233,498.24	16,361.31	27,971.58	392,940.55			
Μαρτίου	19,149.87	127,538.11	382,269.77	23,293.50	42,723.60	575,824.97			
Απριλίου	16,669.39	111,018.12	261,898.87	19,427.31	32,592.18	424,936.48			
Μαΐου	16,849.57	112,218.16	217,185.23	14,778.04	25,778.31	369,959.75			
Ιουνίου	14,804.16	98,595.72	130,322.37	11,326.27	17,887.63	258,131.98			
Ιουλίου	16,750.93	111,561.17	156,363.81	10,705.00	18,709.10	297,339.07			
Αυγούστου	16,187.00	107,805.45	120,722.01	16,420.21	21,831.22	266,778.88			
Σεπτεμβρίου	19,758.63	131,592.46	157,300.63	14,461.79	22,187.42	325,542.31			
Οκτωβρίου	31,434.85	209,356.07	259,376.85	25,665.24	37,732.40	532,130.57			
Νοεμβρίου	16,978.08	113,073.99	295,861.86	16,326.72	31,463.14	456,725.70			
Δεκεμβρίου	14,406.86	95,949.66	281,987.78	13,593.73	28,433.89	419,965.07			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						5,934,365			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						866,198			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						31,566			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						8,059,707			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 30000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 42:

Table 42 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		30000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		8400							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		74880							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς(€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής(€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,373.70	87,679.57	296,354.18	15,310.59	28,905.47	428,249.81	3044.102	381817.4	778420.341
Φεβρουαρίου	14,597.80	89,046.58	256,116.77	16,256.34	27,700.88	389,120.57			
Μαρτίου	16,228.70	98,995.07	418,662.54	22,906.51	42,048.45	582,612.57			
Απριλίου	14,126.60	86,172.26	283,341.97	19,331.91	32,114.10	420,960.24			
Μαΐου	14,279.30	87,103.73	233,309.16	14,010.05	24,671.79	359,094.73			
Ιουνίου	12,545.20	76,525.72	139,937.60	10,569.47	16,934.77	243,967.56			
Ιουλίου	14,113.20	86,090.52	167,900.85	9,785.62	17,571.02	281,348.00			
Αυγούστου	13,585.10	82,869.11	131,009.71	16,261.36	21,529.53	251,669.72			
Σεπτεμβρίου	16,688.00	101,796.80	171,018.08	13,645.44	21,238.53	307,698.85			
Οκτωβρίου	26,639.60	162,501.56	283,867.32	24,995.99	36,903.12	508,267.99			
Νοεμβρίου	14,371.40	87,665.54	324,028.47	15,838.94	30,772.92	458,305.87			
Δεκεμβρίου	12,197.10	74,402.31	309,809.71	13,176.58	27,855.79	425,244.39			
Συνολικόετήσιο τιμολόγιο (€)						5,819,822			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						962,442			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						35,073			
Σύνολο ετήσιο κόστος (€)						8,044,915			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 5 (κόστος πλοίων 6.607.187€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 16000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 43:

Table 43 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		16000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		4480							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		39936							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	17,126.40	114,061.84	282,547.51	15,833.44	30,242.14	442,684.92	3371.980446	422942.7	862263.5713
Φεβρουαρίου	17,497.51	116,533.43	246,969.21	16,745.79	29,045.38	409,293.81			
Μαρτίου	19,149.87	127,538.11	404,930.93	24,712.18	45,236.23	602,417.46			
Απριλίου	16,669.39	111,018.12	292,174.35	19,777.19	34,524.89	457,494.56			
Μαΐου	16,849.57	112,218.16	251,549.64	17,593.87	30,174.62	411,536.28			
Ιουνίου	14,806.99	98,614.58	153,907.31	14,101.14	21,728.43	288,351.46			
Ιουλίου	17,107.88	113,938.45	185,470.64	14,310.49	23,568.54	337,288.13			
Αυγούστου	16,761.19	111,629.54	139,966.38	17,002.67	23,371.27	291,969.86			
Σεπτεμβρίου	20,003.60	133,223.95	173,477.56	17,455.01	25,809.39	349,965.92			
Οκτωβρίου	31,435.08	209,357.65	276,836.55	28,119.45	40,912.04	555,225.69			
Νοεμβρίου	17,050.76	113,558.09	313,277.82	18,115.40	34,020.21	478,971.52			
Δεκεμβρίου	14,902.46	99,250.36	295,737.86	15,123.38	30,569.34	440,680.94			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						6,354,459			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						513,302			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						187,058			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						8,282,397			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 18000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 44:

Table 44 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						18000			
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)						5040			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						44928			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,493.80	88,412.18	311,701.94	15,758.74	30,048.88	445,921.74	3317.781	416144.5	848403.985
Φεβρουαρίου	14,795.50	90,252.55	271,824.36	16,675.89	28,843.05	407,595.85			
Μαρτίου	16,228.70	98,995.07	445,810.80	24,454.23	44,774.95	614,035.06			
Απριλίου	14,126.60	86,172.26	318,608.74	19,713.63	34,155.49	458,650.13			
Μαΐου	14,279.30	87,103.73	272,119.40	17,081.91	29,338.67	405,643.71			
Ιουνίου	12,547.90	76,542.19	165,630.76	13,596.60	20,983.00	276,752.55			
Ιουλίου	14,443.20	88,103.52	199,068.21	13,643.88	22,604.92	323,420.54			
Αυγούστου	14,115.90	86,106.99	150,537.87	16,896.73	23,030.06	276,571.65			
Σεπτεμβρίου	16,914.50	103,178.45	189,404.36	16,910.74	25,130.82	334,624.37			
Οκτωβρίου	26,639.90	162,503.39	303,994.62	27,673.20	40,321.83	534,493.04			
Νοεμβρίου	14,438.60	88,075.46	344,934.95	17,790.17	33,553.90	484,354.48			
Δεκεμβρίου	12,481.00	76,134.10	326,341.21	14,845.31	30,179.52	447,500.15			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						6,277,430			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						577,465			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						210,440			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						8,292,913			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 5 (κόστος πλοίων 6.607.187€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 5000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 45:

Table 45 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						5000			
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)						1400			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						12480			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	17,256.32	114,927.09	295,825.80	17,484.94	32,460.71	460,698.53	3713.022	465719	949472.72
Φεβρουαρίου	17,965.26	119,648.66	261,585.71	18,224.09	31,179.62	430,638.07			
Μαρτίου	19,149.87	127,538.11	428,951.90	26,130.99	47,816.84	630,437.84			
Απριλίου	16,669.39	111,018.12	327,405.79	20,127.08	36,712.22	495,263.21			
Μαΐου	17,860.24	118,949.23	292,870.64	20,409.69	34,923.47	467,153.02			
Ιουνίου	14,969.83	99,699.09	189,904.41	16,876.02	26,217.30	332,696.82			
Ιουλίου	17,884.91	119,113.47	230,115.52	17,976.91	29,300.80	396,506.70			
Αυγούστου	17,335.38	115,453.63	175,995.95	17,585.13	25,811.27	334,845.97			
Σεπτεμβρίου	20,248.56	134,855.44	197,190.86	20,448.23	29,832.64	382,327.17			
Οκτωβρίου	31,435.32	209,359.22	297,169.41	30,573.65	44,241.44	581,343.72			
Νοεμβρίου	17,123.45	114,042.19	330,847.06	19,903.96	36,584.80	501,378.00			
Δεκεμβρίου	16,476.58	109,734.00	309,665.20	16,713.95	32,769.43	468,882.57			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						6,901,076			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						160,407			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						116,911			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						8,405,972			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 7000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 46:

Table 46 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		7000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		1960							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		17472							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	14,604.00	89,084.40	326,323.83	17,104.17	31,980.79	464,493.20	3646.857	457420.1	932553.461
Φεβρουαρίου	14,976.70	91,357.87	287,921.53	17,812.80	30,658.20	427,750.39			
Μαρτίου	16,228.70	98,995.07	472,271.60	25,873.04	47,345.64	644,485.34			
Απριλίου	14,126.60	86,172.26	356,984.09	20,063.40	36,307.90	499,527.65			
Μαΐου	14,930.20	91,074.22	317,158.97	19,897.73	34,048.34	462,179.26			
Ιουνίου	12,550.40	76,557.44	203,135.74	16,371.49	25,357.16	321,421.84			
Ιουλίου	15,000.10	91,500.61	246,171.92	17,310.30	28,220.64	383,203.47			
Αυγούστου	14,602.50	89,075.25	187,481.52	17,479.19	25,321.58	319,357.54			
Σεπτεμβρίου	17,122.00	104,444.20	213,801.08	19,903.96	29,060.67	367,209.91			
Οκτωβρίου	26,640.10	162,504.61	325,947.46	30,127.41	43,622.39	562,201.87			
Νοεμβρίου	14,500.20	88,451.22	364,443.17	19,578.73	36,118.48	508,591.60			
Δεκεμβρίου	13,720.70	83,696.27	341,811.66	16,423.68	32,368.42	474,300.03			
Συνολικό τιμολόγιο(€)						6,828,342			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						224,570			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,227,578			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						163,676			
Συνολικό ετήσιο κόστος(€)						8,444,166			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 5 (κόστος πλοίων 6.607.187€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², 500€/m² και 1000€/m², βέλτιστη λύση δεν υπάρχει, καθώς οι γραφικές παραστάσεις του ετήσιου κόστους συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και για τα δύο είδη τιμολογίου (ΒΧ και ΒΓ) είναι αύξουσες. Συνεπώς για τέτοιες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου δεν είναι συμφέρουσα η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το γράφημα του ετήσιου κόστους του λιμένα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου, για κάθε τιμή αγοράς αγροτεμαχίου που μελετάται, για τιμολόγιο ΒΓ.

Αντίστοιχα με πριν παρατηρείται ότι με την αύξηση της τιμής του οικοπέδου περιορίζεται η δυνατότητα της προσθήκης φ/β πλαισίων. Η χρήση τιμολογίου ΒΧ απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό πλαισίων δίνοντας πιο οικονομικό αποτέλεσμα για μικρές τιμές αγοράς οικοπέδου, ενώ για μεγαλύτερες πλεονεκτεί το τιμολόγιο ΒΓ.

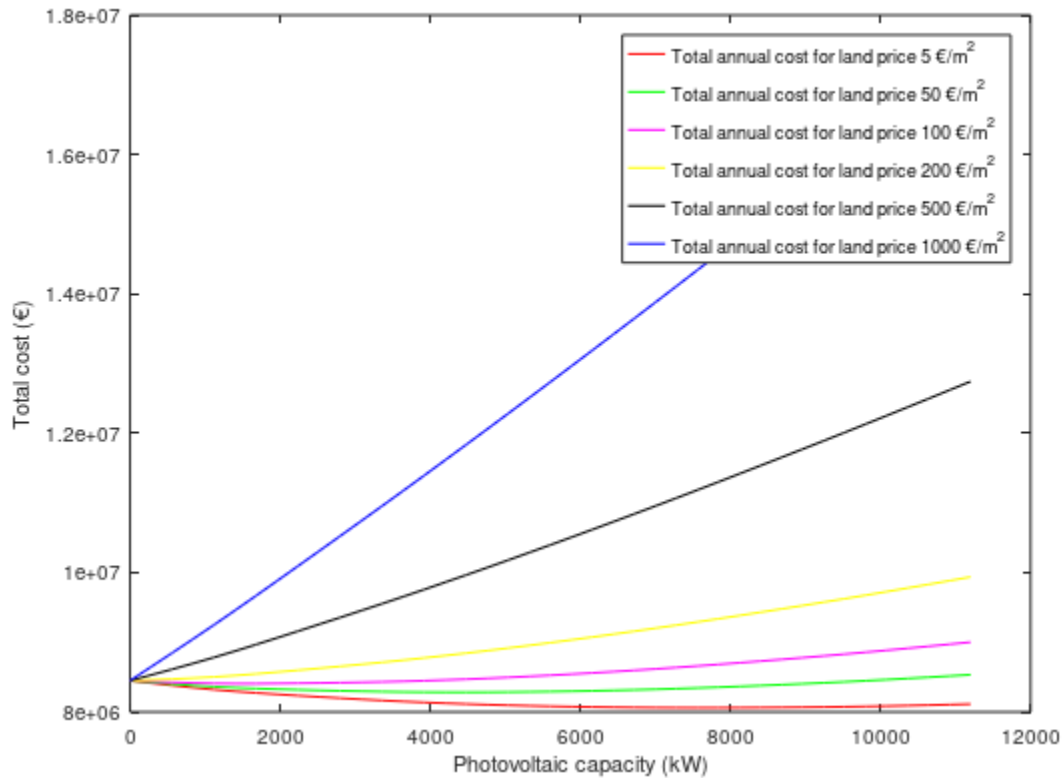


Figure 18 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου & πλοίου bulk: σενάριο CI- πάροχος & Φ/Β).

6.2.20 Σενάριο 20: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο) θα ζητηθούν τρεις παροχές των 10MVA. Γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Τέλος τιμολογείται το

εναπομένον φορτίο. Για το σενάριο αυτό η τιμολόγηση γίνεται για ΒΥ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μεγαλύτερο του 0,3, για το οποίο και έγιναν οι υπολογισμοί του ετήσιου τιμολογίου. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου και της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Έτσι παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στα γραφήματα ..

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 33000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 47:

Table 47 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		33000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		82368							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λουπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,683.60	111,112.78	344,048.47	16,402.73	34,113.60	505,677.58	3889.83	487896.2	994685.83
Φεβρουαρίου	16,358.50	108,947.61	294,202.81	19,581.12	34,257.55	456,989.10			
Μαρτίου	18,217.00	121,325.22	435,979.98	19,770.37	42,366.25	619,441.82			
Απριλίου	17,665.80	117,654.23	306,847.82	14,731.00	30,704.87	469,937.92			
Μαΐου	17,526.10	116,723.83	310,727.95	12,875.41	29,171.77	469,498.96			
Ιουνίου	14,777.90	98,420.81	230,601.19	11,744.46	23,820.77	364,587.24			
Ιουλίου	11,658.70	77,646.94	183,175.03	5,553.89	15,522.75	281,898.61			
Αυγούστου	10,258.20	68,319.61	156,420.31	6,974.18	15,210.65	246,924.75			
Σεπτεμβρίου	16,182.70	107,776.78	167,021.73	14,064.87	22,419.97	311,283.34			
Οκτωβρίου	16,413.80	109,315.91	277,257.28	13,480.37	27,756.84	427,810.40			
Νοεμβρίου	18,409.50	122,607.27	391,594.92	16,233.59	36,689.27	567,125.05			
Δεκεμβρίου	15,258.10	101,618.95	376,785.49	16,438.64	36,285.38	531,128.47			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						6,738,775			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						1,058,686			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						38,581			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						8,654,427			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 32000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 48:

Table 48 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						32000			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						79872			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,693.60	148,239.17	316,043.22	16,440.08	34,211.15	514,933.61	3912.68	490761.6	1000527.65
Φεβρουαρίου	16,387.80	145,523.66	270,439.12	19,616.20	34,354.90	469,933.88			
Μαρτίου	18,217.00	161,766.96	400,941.77	19,854.76	42,552.92	625,116.41			
Απριλίου	17,665.80	156,872.30	283,089.35	14,848.90	30,945.18	485,755.73			
Μαΐου	17,532.80	155,691.26	287,305.46	12,998.34	29,451.18	485,446.25			
Ιουνίου	14,778.20	131,230.42	213,244.76	11,780.78	23,988.51	380,244.46			
Ιουλίου	11,658.70	103,529.26	169,380.37	5,881.50	15,928.50	294,719.62			
Αυγούστου	10,258.20	91,092.82	144,513.79	7,234.66	15,528.46	258,369.72			
Σεπτεμβρίου	16,196.70	143,826.70	153,781.59	14,083.90	22,497.23	334,189.42			
Οκτωβρίου	16,413.80	145,754.54	255,124.52	13,542.98	27,891.49	442,313.53			
Νοεμβρίου	18,409.50	163,476.36	359,843.81	16,397.22	36,920.98	576,638.37			
Δεκεμβρίου	15,258.10	135,491.93	345,909.32	16,598.56	36,499.43	534,499.24			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						6,897,362			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						1,026,605			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						37,412			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						8,779,764			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 6 (κόστος πλοίων 8.417.422€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 25000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 49:

Table 49 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						25000			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						62400			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,763.70	111,646.24	353,700.34	16,701.50	34,898.68	516,946.76	4089.72	512968.1	1045800.50
Φεβρουαρίου	16,592.20	110,504.05	304,337.91	19,860.86	35,055.07	469,757.90			
Μαρτίου	18,217.00	121,325.22	452,467.98	20,445.72	43,866.71	638,105.63			
Απριλίου	17,665.80	117,654.23	328,085.21	15,673.64	32,693.13	494,106.21			
Μαΐου	17,579.30	117,078.14	337,889.67	14,426.24	32,008.70	501,402.75			
Ιουνίου	14,780.60	98,438.80	253,170.18	12,482.44	25,710.98	389,802.40			
Ιουλίου	11,658.70	77,646.94	203,671.57	8,174.70	19,008.72	308,501.93			
Αυγούστου	10,414.80	69,362.57	171,474.60	9,333.78	18,158.59	268,329.53			
Σεπτεμβρίου	16,294.90	108,524.03	177,773.76	14,217.37	23,135.36	323,650.53			
Οκτωβρίου	16,413.80	109,315.91	289,741.62	14,450.30	29,308.51	442,816.34			
Νοεμβρίου	18,409.50	122,607.27	404,083.75	17,542.63	38,547.65	582,781.31			
Δεκεμβρίου	15,258.10	101,618.95	386,914.47	17,718.35	37,998.11	544,249.87			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						7,043,309			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						802,035			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						292,278			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						8,956,007			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 23000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 50:

Table 50 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλασιών (των 280 Wp)					23000				
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)					57408				
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,783.80	149,040.14	326,057.58	16,776.19	35,098.08	526,972.00	4146.51	520091.2	1060322.59
Φεβρουαρίου	16,650.60	147,857.33	280,989.16	19,930.77	35,257.89	484,035.15			
Μαρτίου	18,217.00	161,766.96	418,076.13	20,614.49	44,248.53	644,706.11			
Απριλίου	17,665.80	156,872.30	305,658.13	15,909.33	33,220.38	511,660.14			
Μαΐου	17,592.60	156,222.29	316,022.47	15,027.50	32,943.32	520,215.58			
Ιουνίου	14,781.30	131,257.94	237,661.06	13,126.18	26,653.59	408,698.77			
Ιουλίου	11,692.10	103,825.85	192,491.18	8,829.90	19,964.28	325,111.21			
Αυγούστου	10,738.40	95,356.99	161,478.73	9,933.53	18,968.94	285,738.19			
Σεπτεμβρίου	16,322.90	144,947.35	165,789.78	14,255.55	23,355.76	348,348.45			
Οκτωβρίου	16,413.80	145,754.54	268,547.08	14,897.62	29,910.22	459,109.47			
Νοεμβρίου	18,409.50	163,476.36	372,783.53	17,869.89	39,014.83	593,144.61			
Δεκεμβρίου	15,258.10	135,491.93	356,353.14	18,038.31	38,426.32	548,309.70			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						7,240,610			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						737,872			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						268,895			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						9,065,762			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 6 (κόστος πλοίων 8.417.422€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 13000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 51:

Table 51 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β), προσωπικό αρχείο.

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)						13000			
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)						32448			
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,883.90	112,446.77	368,821.51	17,542.87	36,471.95	535,283.11	4459.79	559385.5	1140432.88
Φεβρουαρίου	17,084.90	113,785.43	320,155.26	20,450.63	36,439.51	490,830.83			
Μαρτίου	18,217.00	121,325.22	478,687.73	21,458.74	46,192.59	667,664.28			
Απριλίου	17,665.80	117,654.23	365,829.88	17,087.65	35,984.62	536,556.38			
Μαΐου	18,052.00	120,226.32	383,303.91	18,033.76	37,690.71	559,254.70			
Ιουνίου	14,963.50	99,656.91	296,585.72	16,345.15	31,577.17	444,164.95			
Ιουλίου	11,949.00	79,580.34	250,613.56	12,105.86	25,092.82	367,392.57			
Αυγούστου	12,356.50	82,294.29	207,187.55	12,932.27	23,338.64	325,752.74			
Σεπτεμβρίου	16,463.20	109,644.91	203,409.67	14,516.50	24,773.93	352,345.01			
Οκτωβρίου	16,413.80	109,315.91	312,715.85	17,134.10	32,984.48	472,150.33			
Νοεμβρίου	18,409.50	122,607.27	423,219.45	19,506.07	41,355.11	606,687.91			
Δεκεμβρίου	16,406.10	109,264.63	402,107.93	19,638.10	40,567.36	571,578.02			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						7,633,939			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						417,058			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						303,969			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						9,173,351			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 11000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 52:

Table 52 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		11000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		27456							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,903.90	150,106.63	340,009.94	17,866.90	36,905.04	544,888.51	4526.76	567785.2	1157557.47
Φεβρουαρίου	17,428.60	154,765.97	295,602.10	20,862.03	36,961.60	508,191.70			
Μαρτίου	18,217.00	161,766.96	442,248.81	21,627.52	46,582.06	672,225.35			
Απριλίου	17,665.80	156,872.30	340,832.48	17,323.22	36,544.72	551,572.73			
Μαΐου	18,257.60	162,127.49	358,172.27	18,635.02	38,657.19	577,591.96			
Ιουνίου	15,229.10	135,234.41	278,550.85	16,988.90	32,582.84	463,356.99			
Ιουλίου	12,000.30	106,562.66	237,648.52	12,761.10	26,172.02	383,144.30			
Αυγούστου	12,680.20	112,600.18	196,264.90	13,532.09	24,268.88	346,666.04			
Σεπτεμβρίου	16,491.20	146,441.86	190,961.41	14,827.12	25,340.21	377,570.59			
Οκτωβρίου	16,413.80	145,754.54	289,988.60	17,581.42	33,607.37	486,931.94			
Νοεμβρίου	18,409.50	163,476.36	390,346.55	19,833.33	41,823.30	615,479.54			
Δεκεμβρίου	16,673.30	148,058.90	370,278.28	19,957.94	40,995.46	579,290.59			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						7,836,780			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						352,895			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						818,385			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						257,204			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						9,265,264			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 6 (κόστος πλοίων 8.417.422€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², 500€/m² και 1000€/m², βέλτιστη λύση δεν υπάρχει, καθώς οι γραφικές παραστάσεις του ετήσιου κόστους συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και για τα δύο είδη τιμολογίου (ΒΥ και ΒΓ) είναι αύξουσες. Συνεπώς για τέτοιες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου δεν είναι συμφέρουσα η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το γράφημα του ετήσιου κόστους του λιμένα, συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου, για κάθε τιμή αγοράς αγροτεμαχίου που μελετάται, για τιμολόγιο ΒΓ (σχήμα 19).

Ομοίως με πριν παρατηρείται ότι με την αύξηση της τιμής του οικοπέδου περιορίζεται η δυνατότητα προσθήκης φ/β πλαισίων, ενώ η χρήση τιμολογίου ΒΓ απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό πλαισίων δίνοντας πιο οικονομικό αποτέλεσμα.

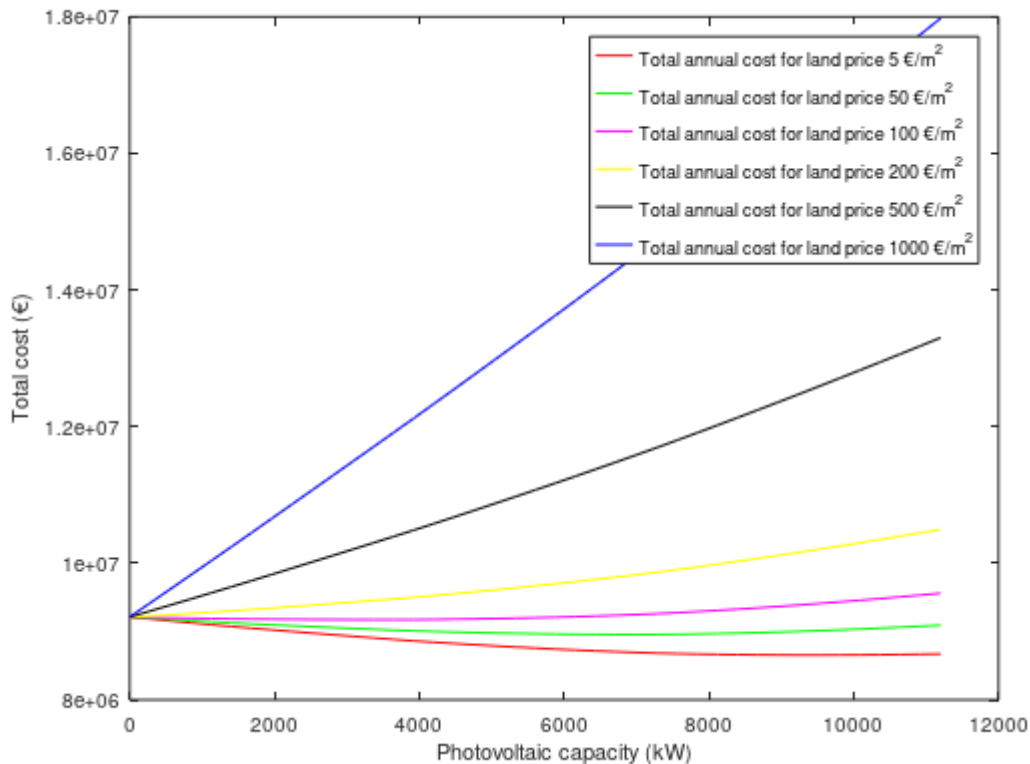


Figure 19 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container & bulk: σενάριο CI – πάροχος & Φ/Β).

6.2.21 Σενάριο 21: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων, των πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο). Θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5 MVA και τρεις των 10 MVA. Γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Για το σενάριο αυτό η τιμολόγηση γίνεται για ΒΧ και ΒΓ για συντελεστή χρησιμοποίησης μικρότερο του 0,3 , για το οποίο και έγιναν οι υπολογισμοί του ετήσιου τιμολογίου. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου και της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6 . Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους

φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 43000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Έτσι παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στα γραφήματα ..

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 40000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 53:

Table 53 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων , πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		40000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		11200							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		99840							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	19,603.46	130,559.03	336,539.11	16,148.13	33,484.44	516,730.71	3997.53	501404.5	1022225.58
Φεβρουαρίου	19,060.30	126,941.62	286,732.64	19,334.90	33,634.49	466,643.66			
Μαρτίου	21,491.34	143,132.32	427,820.37	22,592.18	44,567.27	638,112.15			
Απριλίου	20,842.93	138,813.91	301,620.42	19,017.34	34,400.26	493,851.93			
Μαΐου	20,622.98	137,349.03	307,924.87	13,027.67	29,249.45	487,551.02			
Ιουνίου	17,441.58	116,160.92	222,071.84	14,519.25	25,957.06	378,709.08			
Ιουλίου	19,477.08	129,717.35	218,923.45	8,014.73	19,799.15	376,454.68			
Αυγούστου	18,131.76	120,757.53	169,606.75	17,870.97	25,905.18	334,140.44			
Σεπτεμβρίου	21,381.95	142,403.81	205,850.66	13,944.81	24,438.42	386,637.70			
Οκτωβρίου	35,612.99	237,182.51	335,982.80	25,472.16	41,797.46	640,434.93			
Νοεμβρίου	21,717.78	144,640.43	386,519.19	17,231.41	37,389.30	585,780.33			
Δεκεμβρίου	18,009.75	119,944.94	368,695.20	15,314.30	34,825.60	538,780.03			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						7,371,454			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						1,283,256			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,500,373			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						46,764			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						10,201,847			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 42000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 54:

Table 54 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων , πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		42000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		11760							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		104832							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,593.10	101,217.91	371,760.67	16,073.44	33,293.05	522,345.07	3956.21	496222.3	1011660.47
Φεβρουαρίου	16,094.40	98,175.84	316,432.92	19,265.00	33,449.97	467,323.73			
Μαρτίου	18,213.00	111,099.30	471,664.87	22,334.22	44,124.70	649,223.10			
Απριλίου	17,663.50	107,747.35	330,706.61	18,953.78	34,106.71	491,514.45			
Μαΐου	17,463.80	106,529.18	336,671.75	12,515.71	28,494.97	484,211.61			
Ιουνίου	14,780.30	90,159.83	243,316.50	14,014.72	25,303.82	372,794.87			
Ιουλίου	16,451.00	100,351.10	239,469.23	7,337.63	18,976.59	366,134.55			
Αυγούστου	15,365.90	93,731.99	186,282.19	17,765.16	25,693.81	323,473.15			
Σεπτεμβρίου	18,092.40	110,363.64	226,198.69	13,906.63	24,261.21	374,730.16			
Οκτωβρίου	30,180.50	184,101.05	370,395.17	25,025.92	41,237.02	620,759.15			
Νοεμβρίου	18,404.90	112,269.89	426,647.75	16,891.11	36,916.67	592,725.41			
Δεκεμβρίου	15,262.50	93,101.25	407,537.82	14,994.34	34,398.45	550,031.86			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						7,327,106			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						1,347,419			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,500,373			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						49,103			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						10,224,001			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 7 (κόστος πλοίων 8.842.528€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 25000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 55:

Table 55 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		25000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		7000							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		62400							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	19,780.69	131,739.42	354,488.18	16,708.32	34,948.64	537,884.56	4367.97	547868.7	1116953.17
Φεβρουαρίου	19,577.26	130,384.56	305,080.07	19,859.31	35,095.08	490,419.02			
Μαρτίου	21,491.34	143,132.32	458,324.02	24,526.89	47,972.03	673,955.27			
Απριλίου	20,842.93	138,813.91	340,694.04	19,494.46	36,902.75	535,905.16			
Μαΐου	20,740.51	138,131.77	358,015.54	16,867.53	35,400.69	548,415.53			
Ιουνίου	17,447.60	116,201.00	259,567.83	18,303.21	31,443.63	425,515.66			
Ιουλίου	19,963.95	132,959.89	259,261.80	13,093.03	26,589.79	431,904.50			
Αυγούστου	18,400.21	122,545.41	194,449.33	18,665.30	27,928.49	363,588.53			
Σεπτεμβρίου	21,716.01	144,628.64	229,963.28	15,007.75	26,705.14	416,304.80			
Οκτωβρίου	35,613.34	237,184.87	360,188.11	28,818.73	46,143.33	672,335.04			
Νοεμβρίου	21,717.78	144,640.43	409,790.35	19,783.06	40,955.62	615,169.46			
Δεκεμβρίου	18,009.75	119,944.94	387,686.26	17,713.92	38,037.07	563,382.19			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						7,943,970			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						802,035			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,500,373			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						292,278			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						10,538,656			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 28000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 56:

Table 56 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων , πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)				28000					
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)				7840					
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)				69888					
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,733.30	102,073.13	390,209.32	16,596.29	34,652.03	543,530.77	4284.697	537423.5	1095658.34
Φεβρουαρίου	16,503.30	100,670.13	335,014.95	19,754.45	34,792.14	490,231.67			
Μαρτίου	18,213.00	111,099.30	502,899.88	24,139.90	47,283.50	685,422.58			
Απριλίου	17,663.50	107,747.35	369,544.57	19,399.06	36,362.31	533,053.30			
Μαΐου	17,556.80	107,096.48	386,045.62	16,099.53	34,120.05	543,361.68			
Ιουνίου	14,785.10	90,189.11	278,636.21	17,546.34	30,254.07	416,625.73			
Ιουλίου	16,836.10	102,700.21	277,477.83	12,077.37	25,130.76	417,386.17			
Αυγούστου	15,460.70	94,310.27	208,872.10	18,506.46	27,432.25	349,121.08			
Σεπτεμβρίου	18,346.80	111,915.48	249,749.69	14,191.39	25,660.87	401,517.44			
Οκτωβρίου	30,180.70	184,102.27	394,626.90	28,149.37	45,252.13	652,130.68			
Νοεμβρίου	18,404.90	112,269.89	450,641.21	19,272.66	40,239.66	622,423.42			
Δεκεμβρίου	15,262.50	93,101.25	427,202.91	17,233.93	37,394.70	574,932.79			
Συνολικό τιμολόγιο (€)						7,867,104			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						898,279			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,500,373			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						327,351			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						10,593,107			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 7 (κόστος πλοίων 8.842.528€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 14000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 57:

Table 57 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων , πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		14000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		3920							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		34944							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ETEAP (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	19,910.73	132,605.46	368,336.10	17,382.47	36,301.15	554,625.19	4710.09	590780.3	1204438.15
Φεβρουαρίου	19,956.28	132,908.81	319,545.58	20,243.78	36,219.38	508,917.55			
Μαρτίου	21,491.34	143,132.32	482,349.00	25,945.57	50,552.74	701,979.64			
Απριλίου	20,842.93	138,813.91	375,424.39	19,844.34	39,058.85	573,141.50			
Μαΐου	21,170.97	140,998.66	400,336.30	19,683.35	40,202.26	601,220.57			
Ιουνίου	17,500.82	116,555.43	299,155.37	21,078.09	36,108.20	472,897.10			
Ιουλίου	21,217.70	141,309.87	303,162.44	16,817.13	32,331.18	493,620.62			
Αυγούστου	18,974.40	126,369.50	226,860.35	19,247.76	30,170.70	402,648.31			
Σεπτεμβρίου	21,960.86	146,259.34	254,807.26	18,000.96	30,769.00	449,836.56			
Οκτωβρίου	35,613.58	237,186.44	381,287.72	31,272.94	49,509.48	699,256.59			
Νοεμβρίου	21,717.78	144,640.43	427,330.42	21,654.21	43,594.45	637,219.50			
Δεκεμβρίου	19,196.95	127,851.67	401,613.60	19,473.51	40,392.06	589,330.84			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						8,484,623			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						449,140			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,500,373			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						327,351			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						10,761,487			

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 15000 φ/β πλαίσια, όπως φαίνεται στον πίνακα 58:

Table 58 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β).

Πλήθος πλαισίων (των 280 Wp)		15000							
Εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)		4200							
Έκταση φωτοβολταϊκού πάρκου (m ²)		37440							
Στοιχεία τιμολογίου									
	Χρεωστέα ζήτηση (kW)	Χρέωση ισχύος (€)	Χρέωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Συστήματος Μεταφοράς (€)	Χρέωση Δικτύου Διανομής (€)	Μηνιαίο Σύνολο (€)	Ετήσιες Λοιπές Χρεώσεις (€)	ΕΤΕΑΡ (€)	ΥΚΩ (€)
Ιανουαρίου	16,863.40	102,866.74	408,226.40	17,220.52	36,084.66	564,398.32	4677.0552	586636.4	1195989.831
Φεβρουαρίου	16,882.90	102,985.69	353,892.76	20,208.83	36,115.75	513,203.03			
Μαρτίου	18,213.00	111,099.30	534,073.79	25,816.66	50,317.18	721,306.94			
Απριλίου	17,663.50	107,747.35	413,998.47	19,812.50	38,857.57	580,415.89			
Μαΐου	17,850.40	108,887.44	440,895.08	19,427.31	39,760.95	608,970.78			
Ιουνίου	14,789.60	90,216.56	328,563.43	20,825.77	35,669.22	475,274.98			
Ιουλίου	17,843.80	108,847.18	332,372.22	16,478.50	31,786.84	489,484.74			
Αυγούστου	16,035.70	97,817.77	248,495.20	19,194.73	29,941.25	395,448.95			
Σεπτεμβρίου	18,592.10	113,411.81	280,627.60	17,728.89	30,381.64	442,149.94			
Οκτωβρίου	30,181.00	184,104.10	421,711.87	31,049.82	49,201.14	686,066.93			
Νοεμβρίου	18,404.90	112,269.89	473,570.44	21,484.12	43,354.43	650,678.87			
Δεκεμβρίου	16,135.00	98,423.50	445,486.14	19,313.60	40,178.01	603,401.24			
Συνολικό ετήσιο τιμολόγιο (€)						8,518,104			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Φ/Π (€)						481,221			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος εγκατάστασης Συστήματος Ψυχρής εκκίνησης (€)						1,500,373			
Ισοδύναμο Ετήσιο Κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου (€)						350,733			
Συνολικό ετήσιο κόστος (€)						10,850,431			

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 7 (κόστος πλοίων 8.842.528€) δεν είναι βιώσιμο.

Για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², 500€/m² και 1000€/m², βέλτιστη λύση δεν υπάρχει, καθώς οι γραφικές παραστάσεις του ετήσιου κόστους συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και για τα δύο είδη τιμολογίου (ΒΧ και ΒΓ) είναι αύξουσες. Συνεπώς για τέτοιες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου δεν είναι συμφέρουσα η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται το γράφημα του ετήσιου κόστους του λιμένα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου, για κάθε τιμή αγοράς αγροτεμαχίου που μελετάται, για τιμολόγιο ΒΓ.

Αντίστοιχα με πριν παρατηρείται ότι με την αύξηση της τιμής του οικοπέδου περιορίζεται η δυνατότητα προσθήκης φ/β πλαισίων, ενώ η χρήση τιμολογίου ΒΓ απαιτεί μικρότερο αριθμό φ/β πλαισίων δίνοντας πιο οικονομικό αποτέλεσμα.

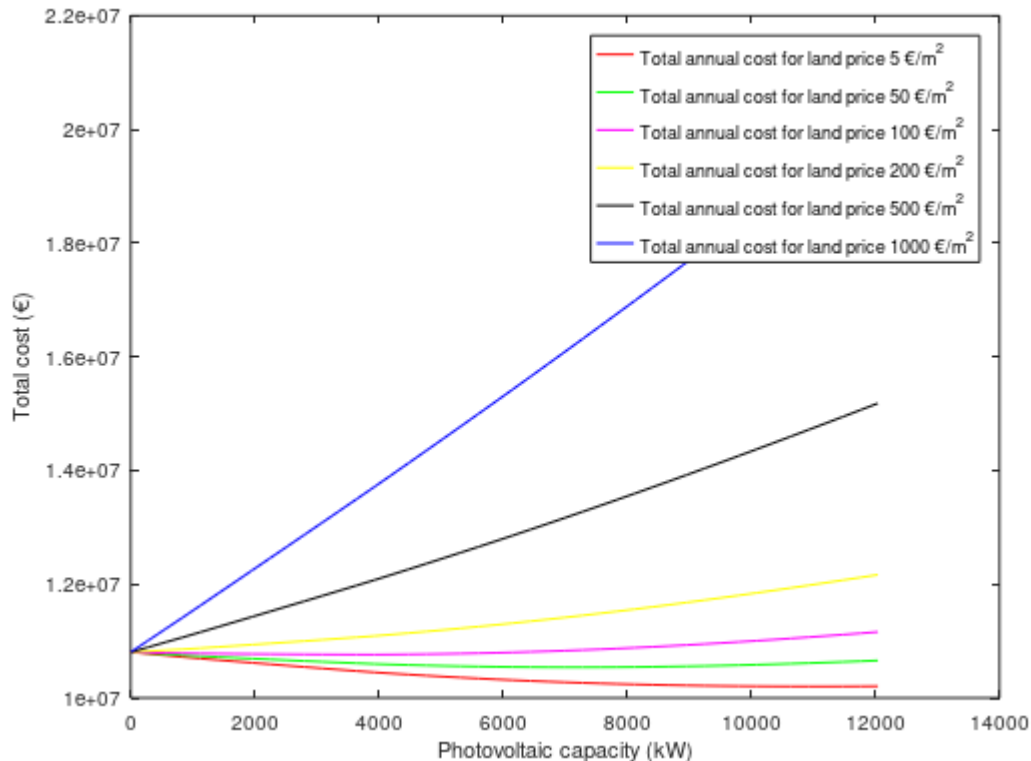


Figure 20 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τιμές αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m², για τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container & bulk: σενάριο CI – πάροχος & Φ/Β).

6.2.22 Σενάριο 22: κρουαζιερόπλοιο πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Ακολούθως υπολογίζονται η ωριαία αποθήκευση και προσφορά ενέργειας του συστήματος αποθήκευσης, για την κάλυψη των αναγκών του λιμένα, όπως παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.2.2. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Το εναπομένον φορτίο προκύπτει από το άθροισμα του αρχικού ωριαίου φορτίου και του ωριαίου φορτίου αποθήκευσης, αφαιρούμενου του ωριαίου φορτίου των φωτοβολταϊκών και της ωριαίας προσφοράς του συστήματος αποθήκευσης. Οι παροχές που θα ζητηθούν θα είναι δύο των

12,5MVA. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΧ και ΒΓ χαμηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης (μαζί με το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου), όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης από 0MWh έως 0,6MWh με βήμα 0,1MWh με το αποτέλεσμα να είναι εμφανές από τις πρώτες δοκιμές. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Έτσι παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στα γραφήματα που ακολουθούν, για διαφορετικό κόστος αγοράς.

Το συμπέρασμα των βελτιστοποιήσεων είναι ότι για καμία τιμή αγροτεμαχίου που μελετήθηκε (5€/m², 50€/m², 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m²), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ, δεν συμφέρει ούτε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ούτε η χρήση συστήματος αποθήκευσης, για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων.

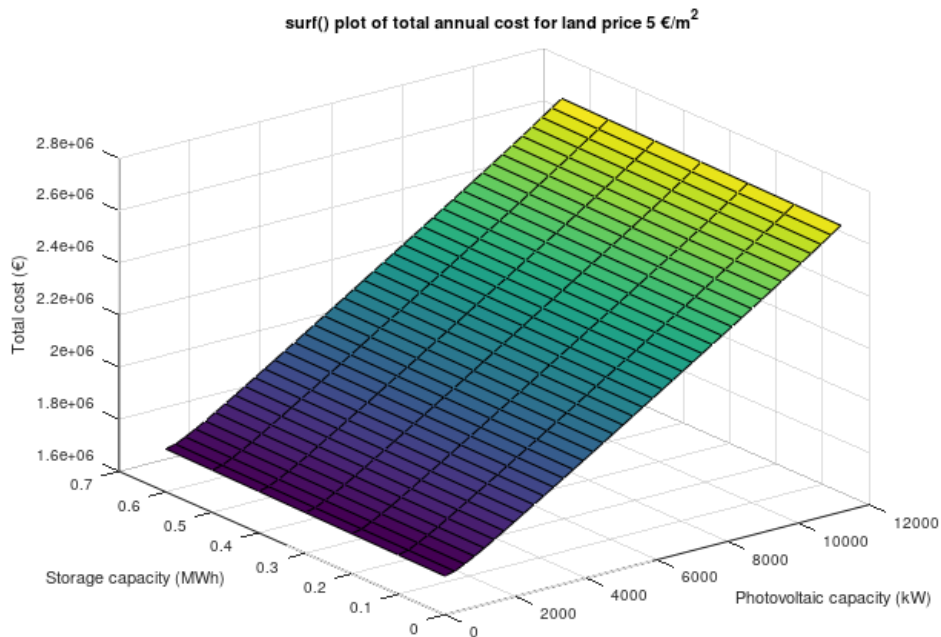


Figure 21 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

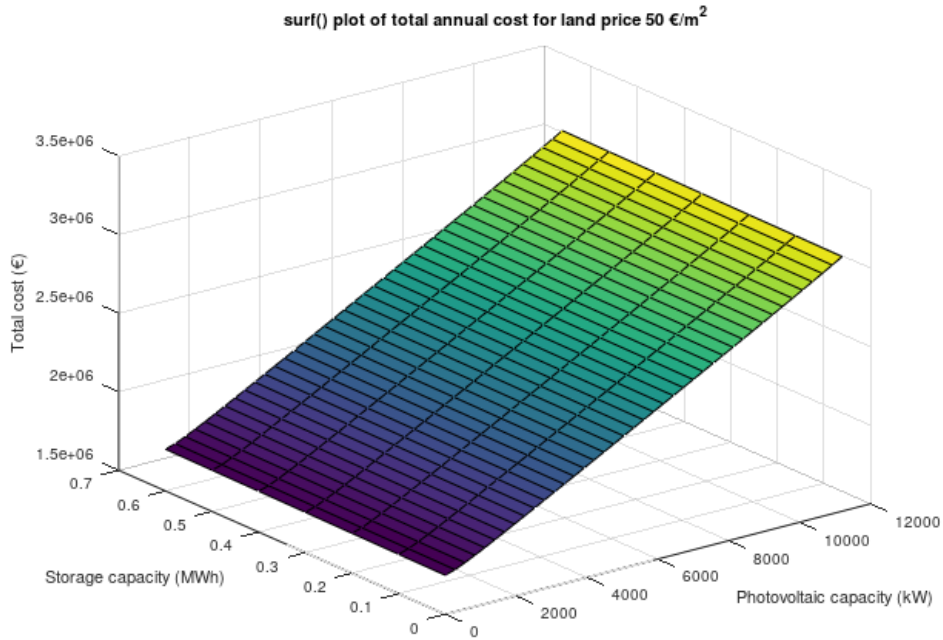


Figure 22 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

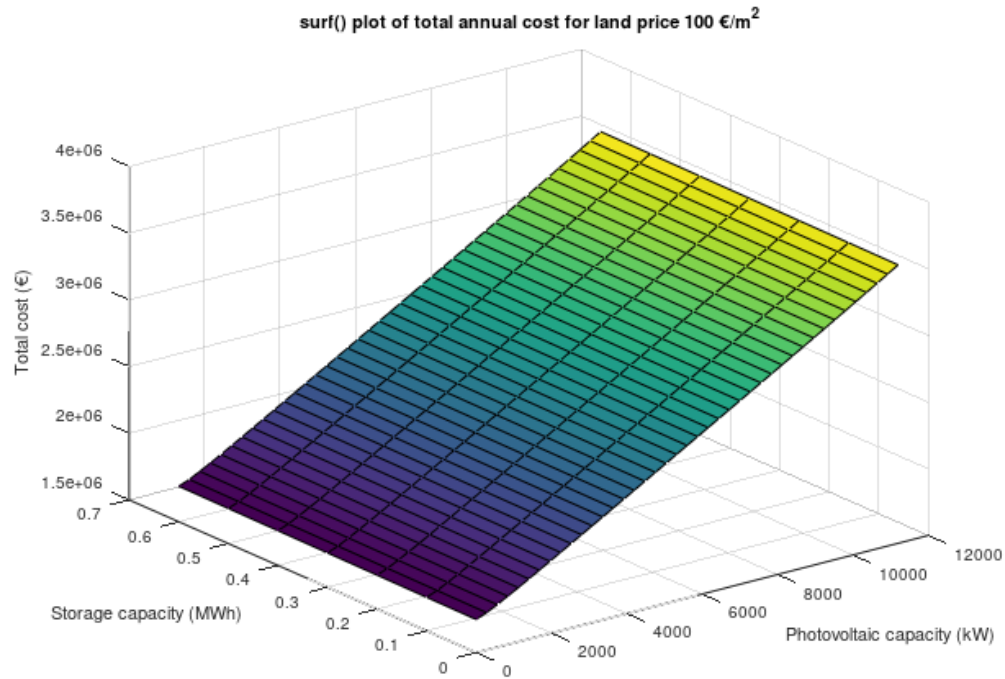


Figure 23 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

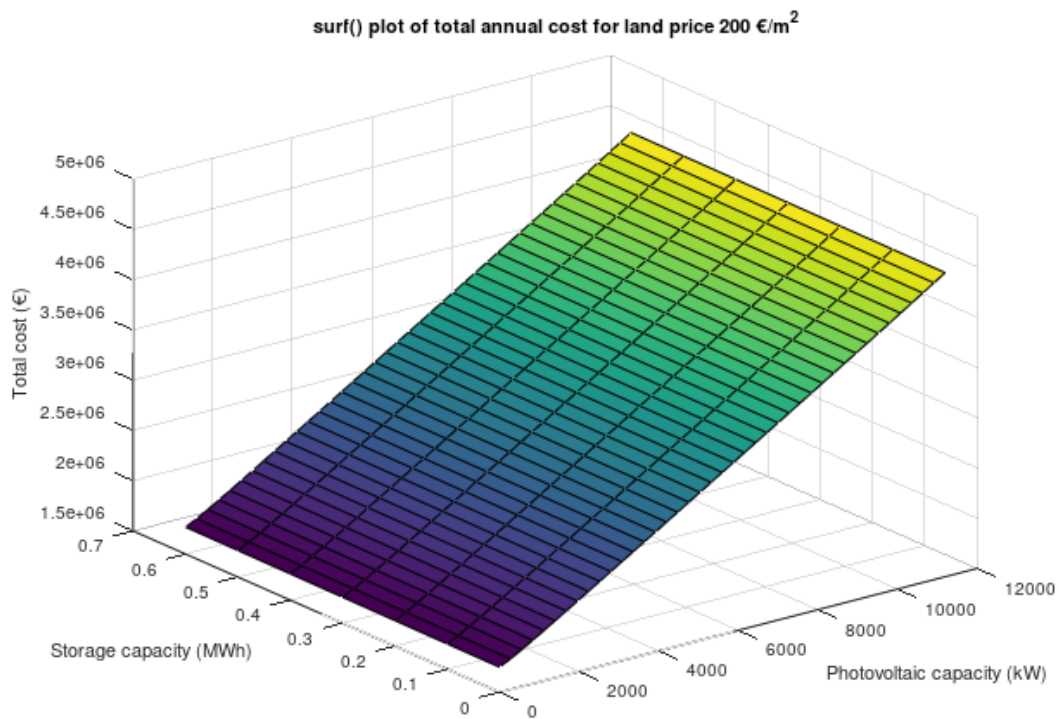


Figure 24 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

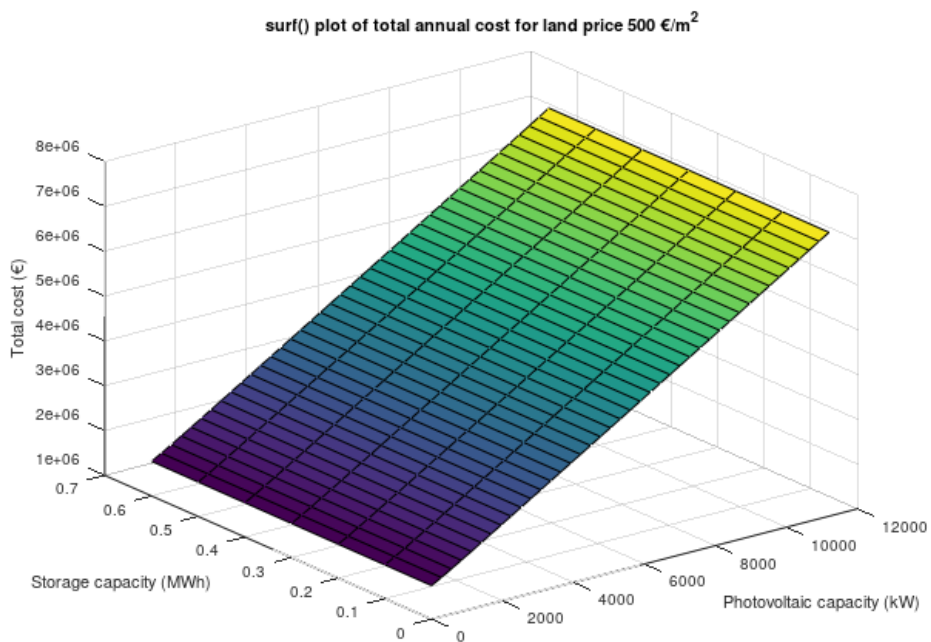


Figure 25 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

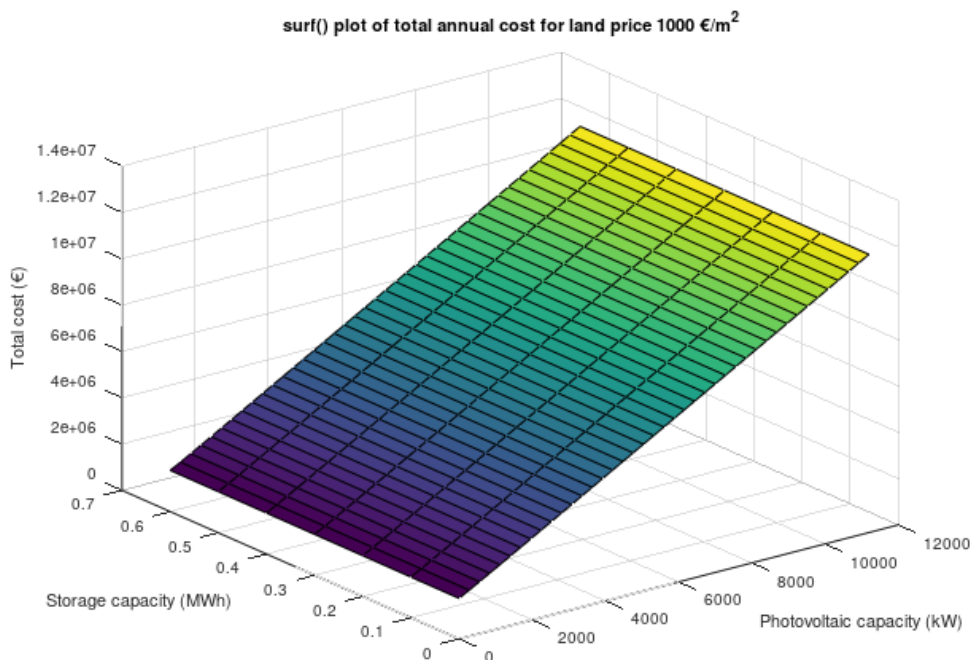


Figure 26 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

6.2.23 Σενάριο 23: container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Στη συνέχεια υπολογίζονται η ωριαία αποθήκευση και προσφορά ενέργειας του συστήματος αποθήκευσης, για την κάλυψη των αναγκών του λιμένα, όπως παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.2.2. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Το εναπομένον φορτίο προκύπτει από το άθροισμα του αρχικού ωριαίου φορτίου και του ωριαίου φορτίου αποθήκευσης, αφαιρούμενου του ωριαίου φορτίου των φωτοβολταϊκών και της ωριαίας προσφοράς του συστήματος αποθήκευσης. Θα ζητηθεί μία παροχή των 10MVA. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΧ και ΒΓ χαμηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης (μαζί με το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου), όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους

αποθήκευσης από 0MWh έως 0,6MWh με βήμα 0,1MWh. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 10000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 59:

Table 59 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου contrainer: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	10000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	2800
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.594.303

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 25.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 11000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 60:

Table 60 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου contrainer: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	11000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3080
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.581.816

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 26.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 2 (κόστος πλοίων 2.231.053€) δεν είναι βιώσιμο.

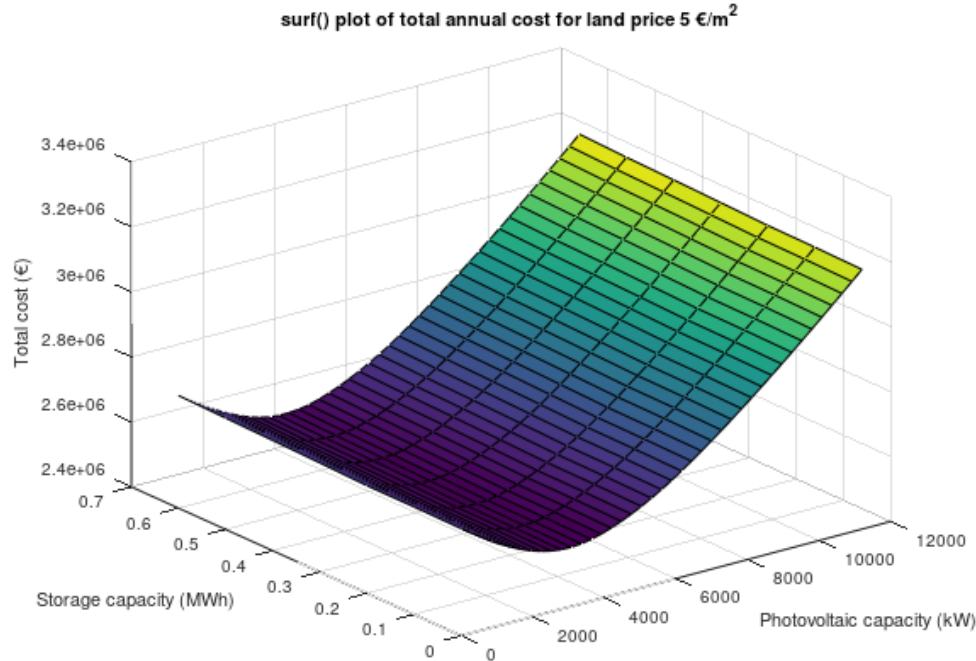


Figure 27 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 6000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 61:

Table 61 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	6000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	1680
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.682.826

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 27.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 7000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 62:

Table 62 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	7000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	1960
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.677.492

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 28.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 2 (κόστος πλοίων 2.231.053€) δεν είναι βιώσιμο.

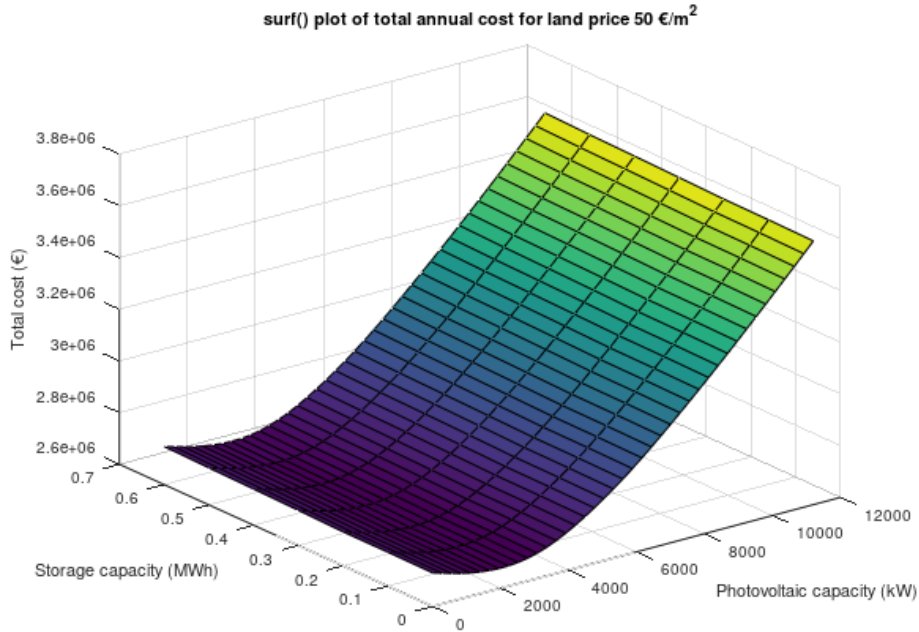


Figure 28 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε ότι δεν είναι συμφέρουσα η χρήση αποθηκευτικής διάταξης ενέργειας.

Το συμπέρασμα των βελτιστοποιήσεων είναι ότι για τιμή αγροτεμαχίου (100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m²), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ, δεν συμφέρει ούτε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ούτε η χρήση συστήματος αποθήκευσης, για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων πλοίων container. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα γραφήματα του ετήσιου κόστους λιμένα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τις μελετώμενες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου, για τιμολόγιο ΒΧ.

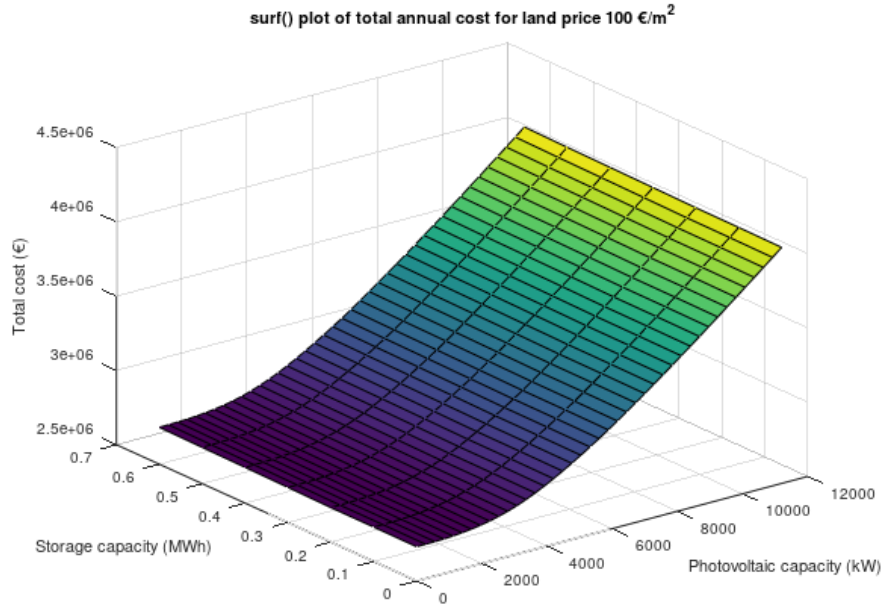


Figure 29 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

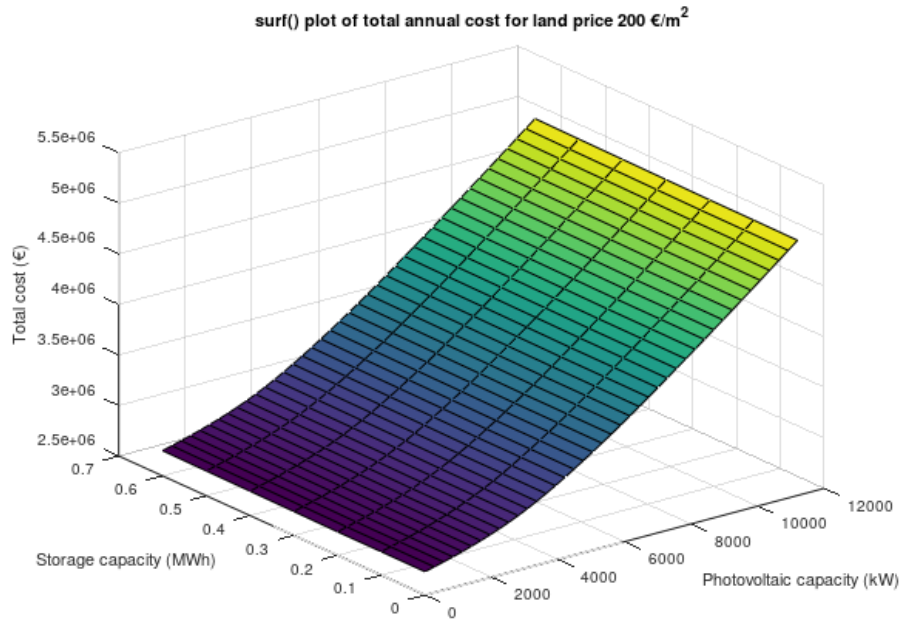


Figure 30 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

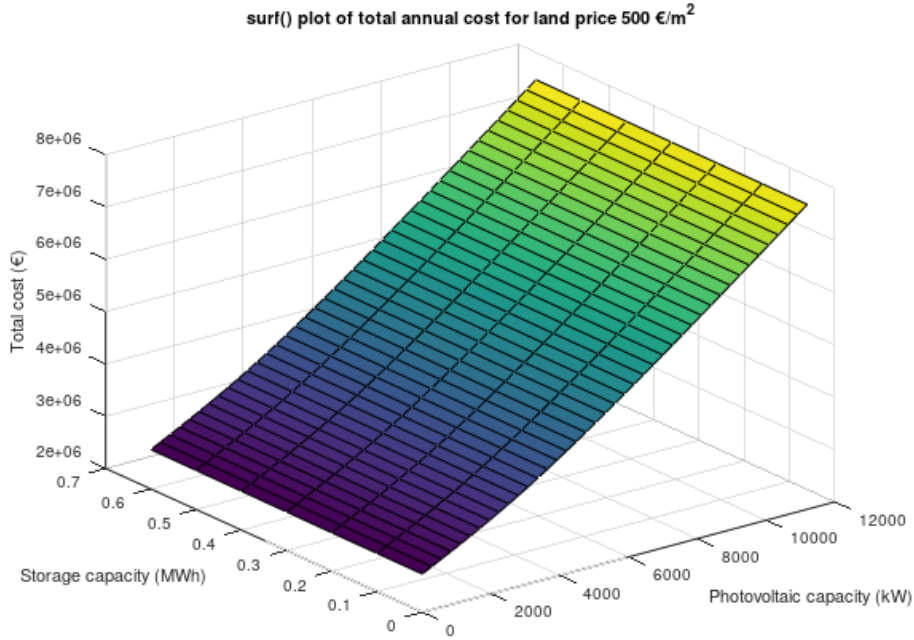


Figure 31 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

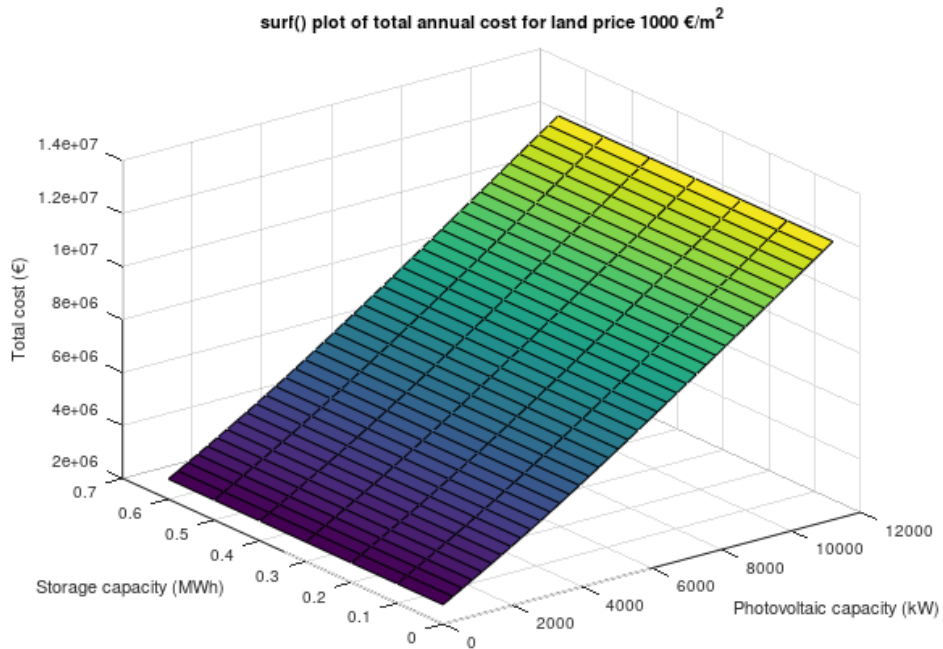


Figure 32 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

6.2.24 Σενάριο 24: bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI-πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wp, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Ακολούθως υπολογίζονται η ωριαία αποθήκευση και προσφορά ενέργειας του συστήματος αποθήκευσης, για την κάλυψη των αναγκών του λιμένα, όπως παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.2.2. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Το εναπομένον φορτίο προκύπτει από το άθροισμα του αρχικού ωριαίου φορτίου και του ωριαίου φορτίου αποθήκευσης, αφαιρούμενου του ωριαίου φορτίου των φωτοβολταϊκών και της ωριαίας προσφοράς του συστήματος αποθήκευσης. Θα ζητηθούν δύο παροχές των 10MVA. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΥ και ΒΓ υψηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης (μαζί με το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου), όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης από 0MWh έως 0,6MWh με βήμα 0,1MWh. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 22000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 63:

Table 63 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	22000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	6160
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	6.517.887

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 29.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 21000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 64:

Table 64 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	21000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	5880
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	6.645.818

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 30.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 3 (κόστος πλοίων 6.172.942€) δεν είναι βιώσιμο.

surf() plot of total annual cost for land price 5 €/m²

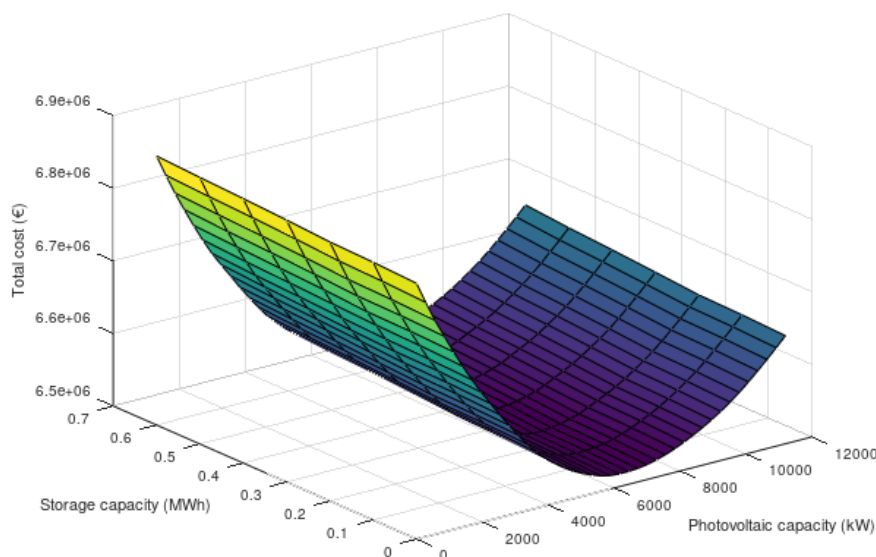


Figure 33 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 14000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 65:

Table 65 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	14000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3920
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	6.712.989

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 31.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 13000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 66:

Table 66 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	13000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3640
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	6.827.143

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 32.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 3 (κόστος πλοίων 6.172.942€) δεν είναι βιώσιμο.

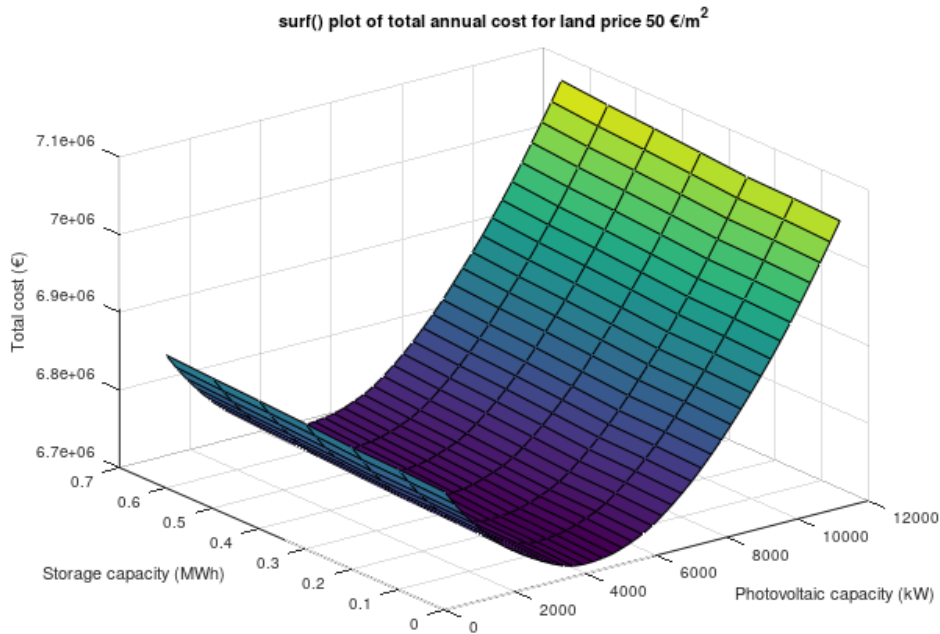


Figure 34 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 5000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 67:

Table 67 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	5000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	1400
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	6.833.190

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 33 .

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 5000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθήκευσης σύμφωνα με τον πίνακα 68:

Table 68 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	5000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	1400
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	6.935.474

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 34.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m^2 είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 3 (κόστος πλοίων $6.172.942\text{€}$) δεν είναι βιώσιμο.

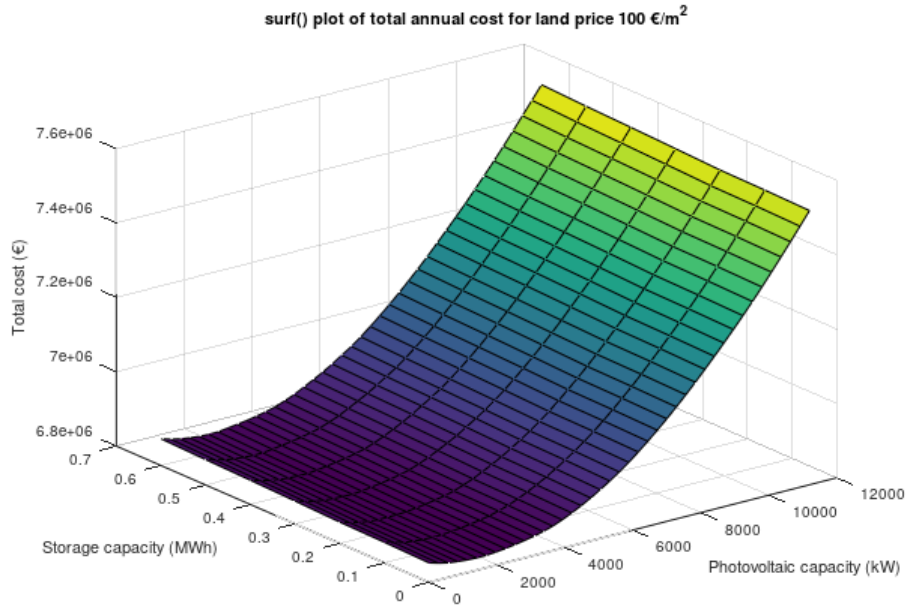


Figure 35 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m^2 , τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε ότι δεν είναι συμφέρουσα η χρήση αποθηκευτικής διάταξης ενέργειας.

Για τιμή αγροτεμαχίου (200€/m^2 , 500€/m^2 , 1000€/m^2), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΥ και ΒΓ, δεν συμφέρει ούτε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ούτε η χρήση συστήματος αποθήκευσης, για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων πλοίων bulk. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα γραφήματα του ετήσιου κόστους λιμένα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τις μελετώμενες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου, για τιμολόγιο ΒΓ.

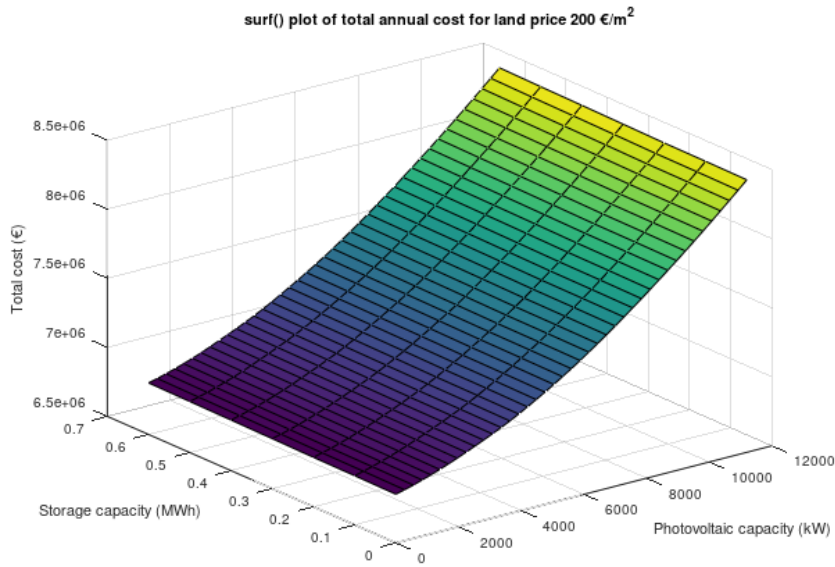


Figure 36 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

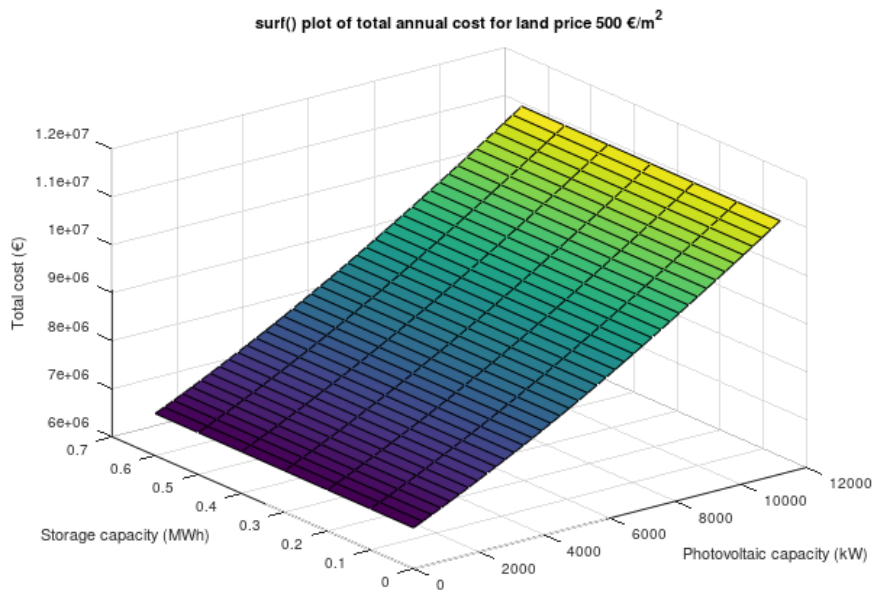


Figure 37 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

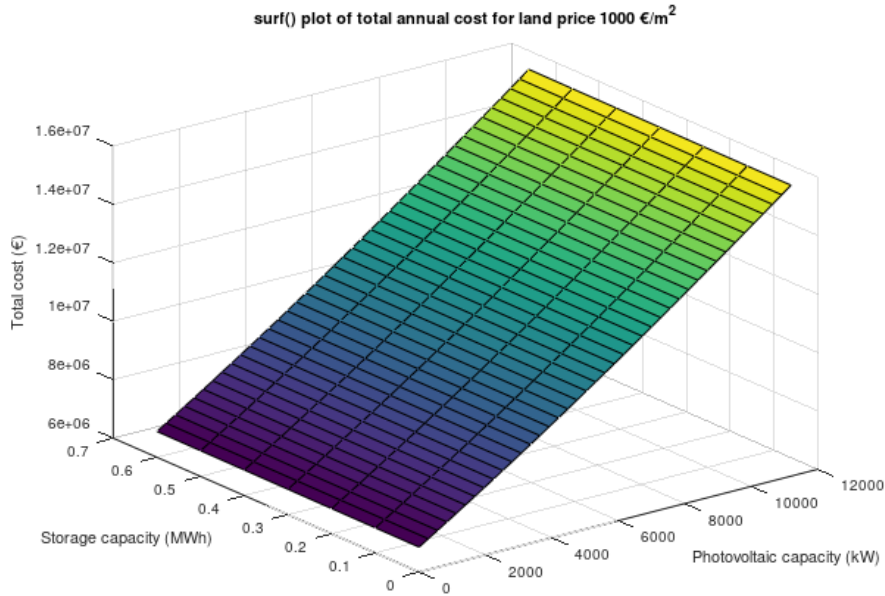


Figure 38 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου bulk: σενάριο CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευση).

6.2.25 Σενάριο 25: κρουαζιερόπλοιο & container πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων container από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Ακολουθώντας υπολογίζονται η ωριαία αποθήκευση και προσφορά ενέργειας του συστήματος αποθήκευσης, για την κάλυψη των αναγκών του λιμένα, όπως παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.2.2. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Το εναπομένον φορτίο προκύπτει από το άθροισμα του αρχικού ωριαίου φορτίου και του ωριαίου φορτίου αποθήκευσης, αφαιρούμενου του ωριαίου φορτίου των φωτοβολταϊκών και της ωριαίας προσφοράς του συστήματος αποθήκευσης. Θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5MVA και μία παροχή των 10 MVA. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΧ και ΒΓ χαμηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης (μαζί με το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου), όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης από 0MWh

έως 0,6MWh με βήμα 0,1MWh. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 13000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 69:

Table 69 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	13000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3640
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	4.214.044

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 36.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 13000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 70):

Table 70 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	13000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3640
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	4.134.451

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 35.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 4 (κόστος πλοίων 2.684.068€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ στο σχήμα 39.

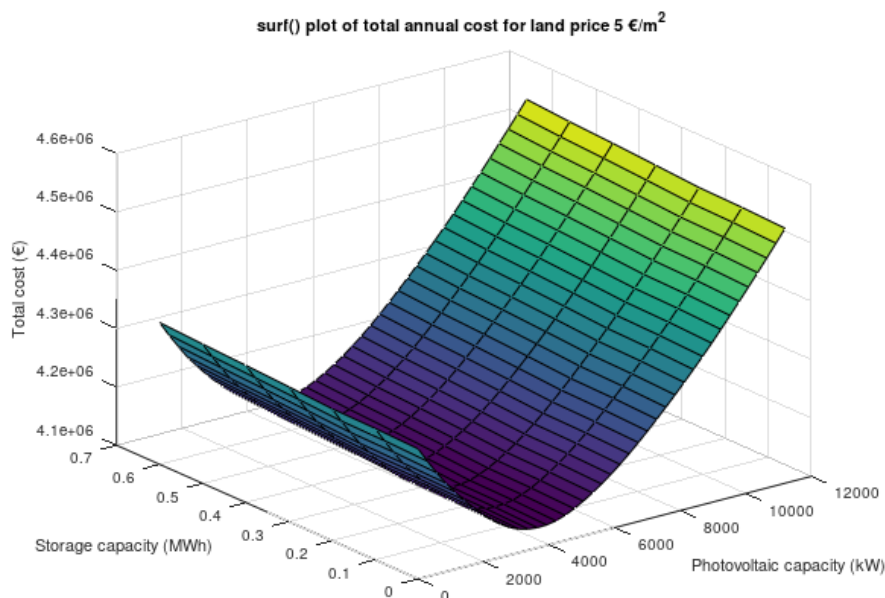


Figure 39 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 8000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 71 :

Table 71 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	8000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	2240
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	4.323.121

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 38.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 9000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 72:

Table 72 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	9000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	2520
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	4.251.583

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 37.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 4 (κόστος πλοίων 2.684.068€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ στο σχήμα 40.

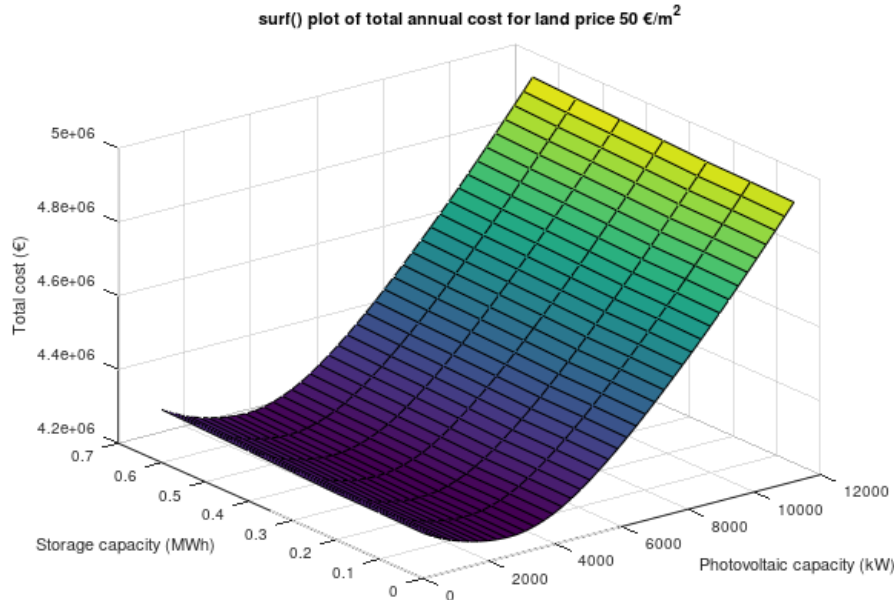


Figure 40 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 1000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 73:

Table 73 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	1000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	280
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	4.373.478

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 40.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 2000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 74:

Table 74 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	2000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	560
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	4.318.444

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 39.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 4 (κόστος πλοίων 2.684.068€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ στο σχήμα 41.

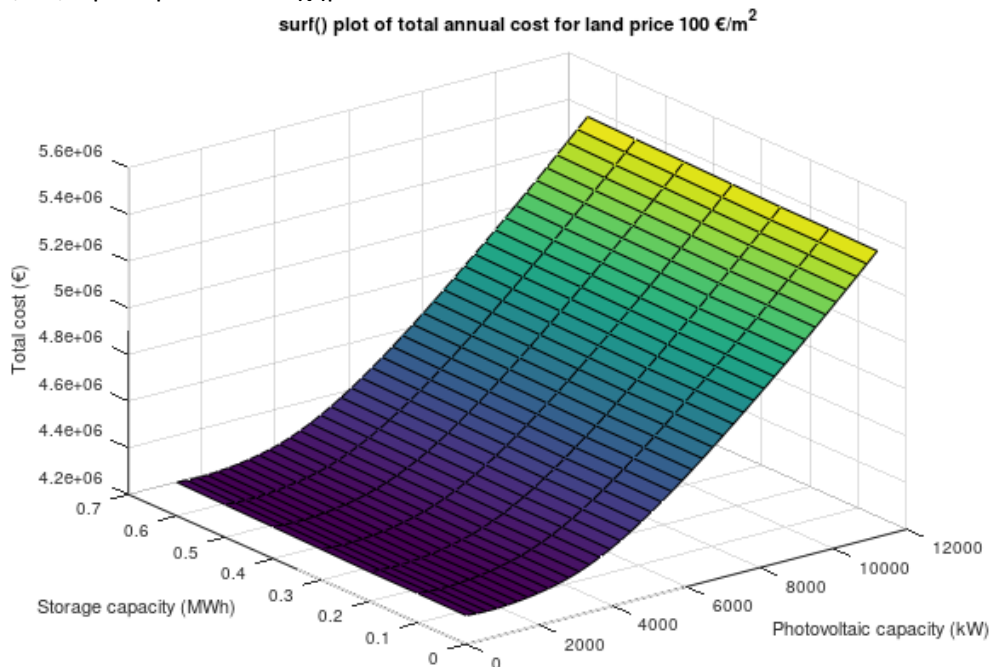


Figure 41 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε ότι δεν είναι συμφέρουσα η χρήση αποθηκευτικής διάταξης ενέργειας.

Για τιμή αγροτεμαχίου (200€/m², 500€/m², 1000€/m²), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ, δεν συμφέρει ούτε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ούτε η χρήση συστήματος αποθήκευσης, για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα γραφήματα του ετήσιου κόστους λιμένα, συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τις μελετώμενες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου, για τιμολόγιο ΒΧ.

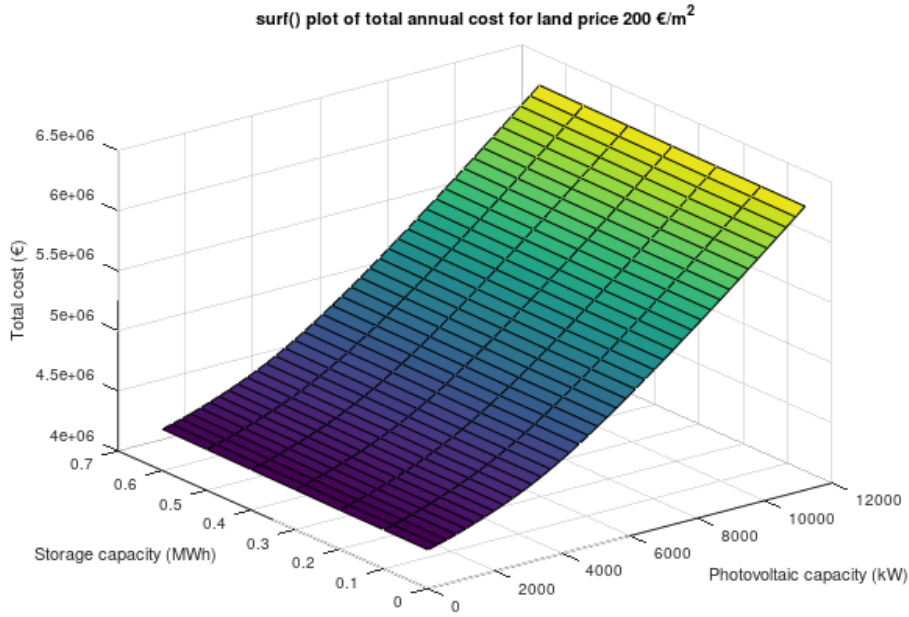


Figure 42 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

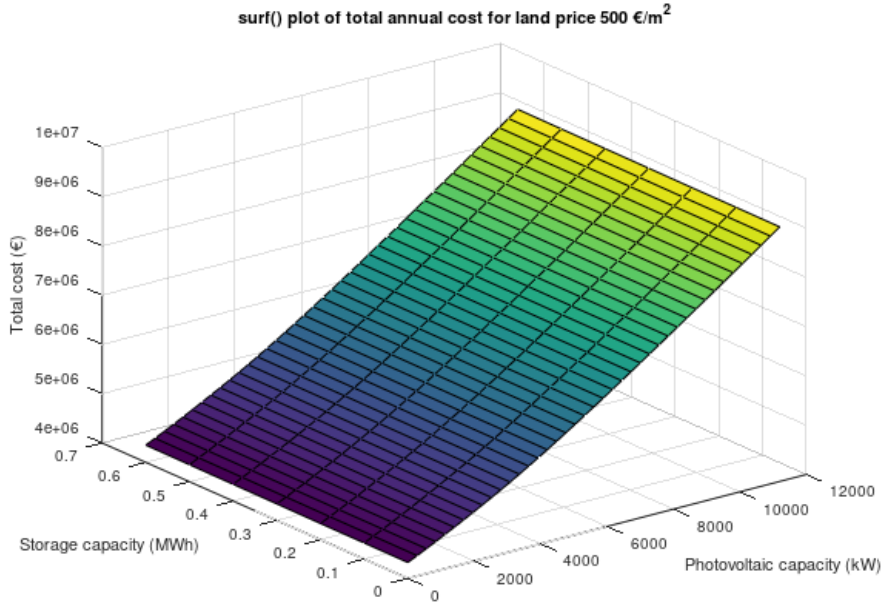


Figure 43 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

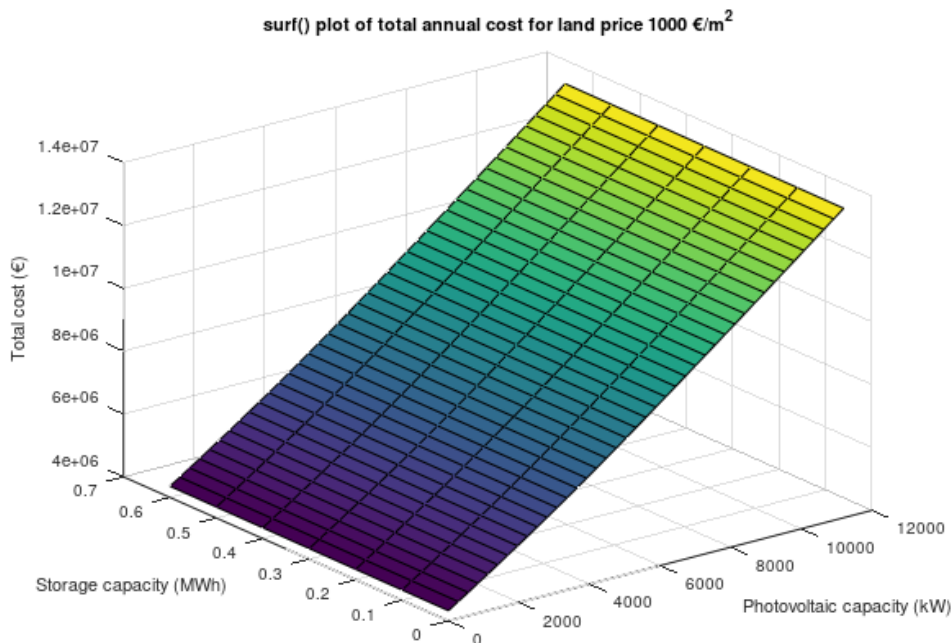


Figure 44 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

6.2.26 Σενάριο 26: κρουαζιερόπλοιο & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων και των πλοίων bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Ακολούθως υπολογίζονται η ωριαία αποθήκευση και προσφορά ενέργειας του συστήματος αποθήκευσης, για την κάλυψη των αναγκών του λιμένα, όπως παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.2.2. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Το εναπομένον φορτίο προκύπτει από το άθροισμα του αρχικού ωριαίου φορτίου και του ωριαίου φορτίου αποθήκευσης, αφαιρούμενου του ωριαίου φορτίου των φωτοβολταϊκών και της ωριαίας προσφοράς του συστήματος αποθήκευσης. Θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5MVA και δύο παροχές των 10 MVA. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΧ και ΒΓ χαμηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης (μαζί με το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου), όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την

εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης από 0MWh έως 0,6MWh με βήμα 0,1MWh. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 27000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 75:

Table 75 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασίων	27000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	7560
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.059.707

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 41.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 30000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 76:

Table 76 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασίων	30000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	8400
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.044.915

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 42.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΧ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 5 (κόστος πλοίων 6.607.187€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 45.

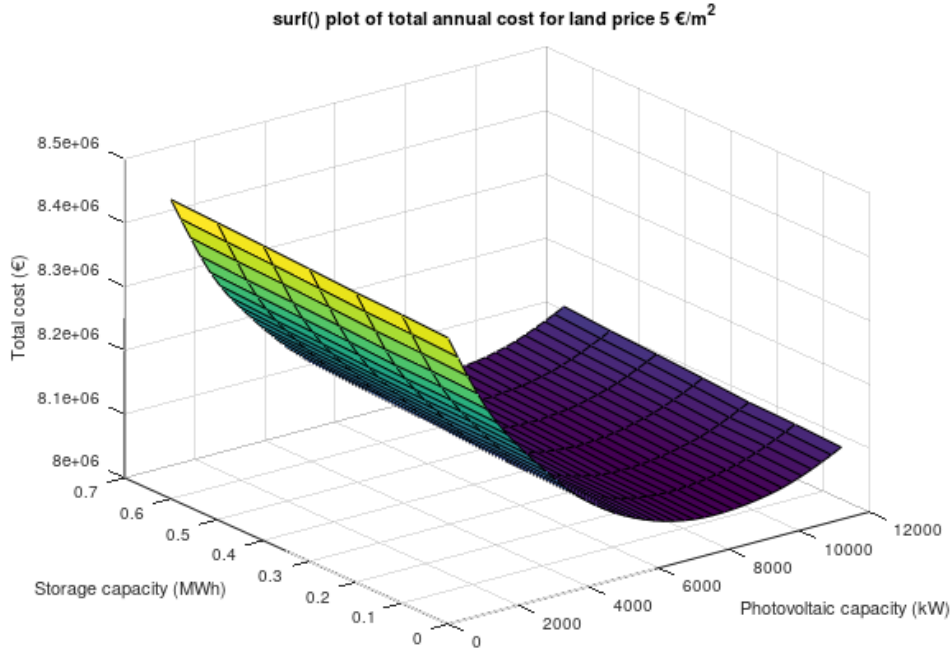


Figure 45 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 16000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 77:

Table 77 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	16000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	4480
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.282.397

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 43.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 18000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 78:

Table 78 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	18000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	5040
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.292.913

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 44.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό,

όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 5 (κόστος πλοίων 6.607.187€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 46.

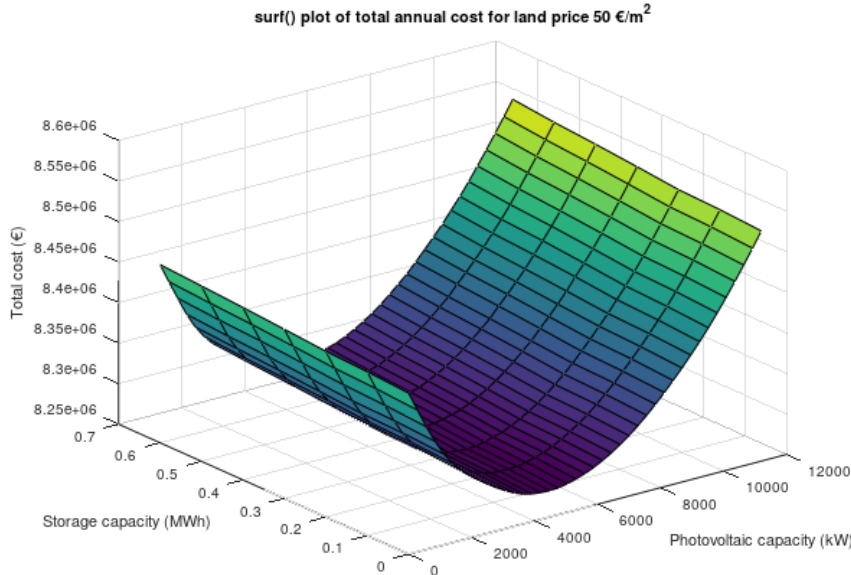


Figure 46 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 5000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 79:

Table 79 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	5000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	1400
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.405.972

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 45.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 7000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 80:

Table 80 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	7000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	1960
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.444.166

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 46.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 5 (κόστος πλοίων 6.607.187€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 47.

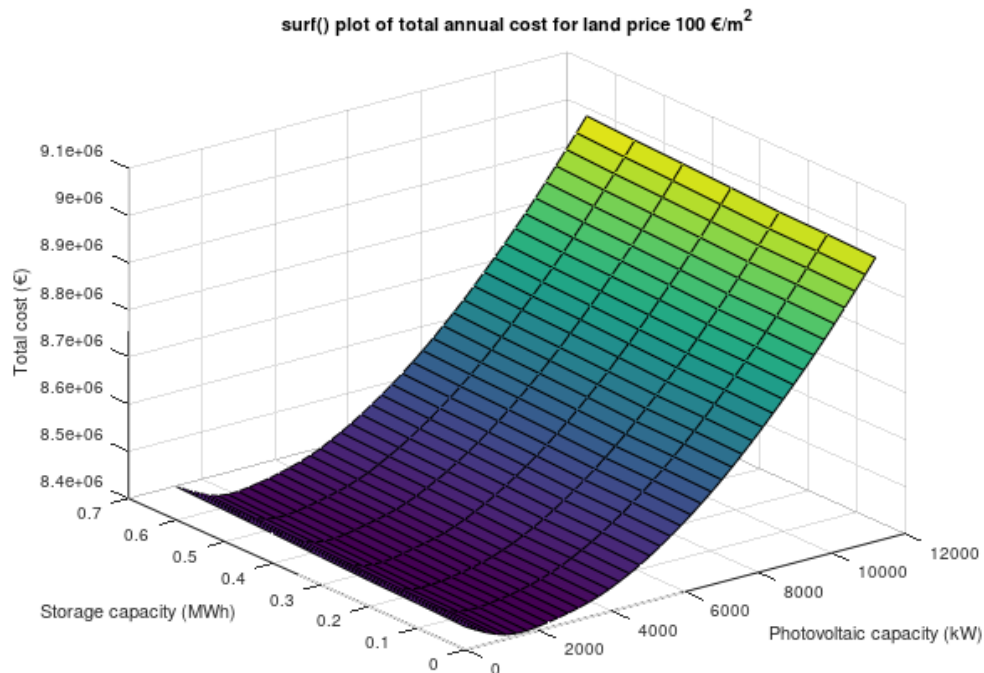


Figure 47 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε ότι δεν είναι συμφέρουσα η χρήση αποθηκευτικής διάταξης ενέργειας.

Για τιμή αγροτεμαχίου (200€/m², 500€/m², 1000€/m²), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ, δεν συμφέρει ούτε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ούτε η χρήση συστήματος αποθήκευσης, για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα γραφήματα του ετήσιου κόστους λιμένα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τις μελετώμενες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου, για τιμολόγιο ΒΓ.

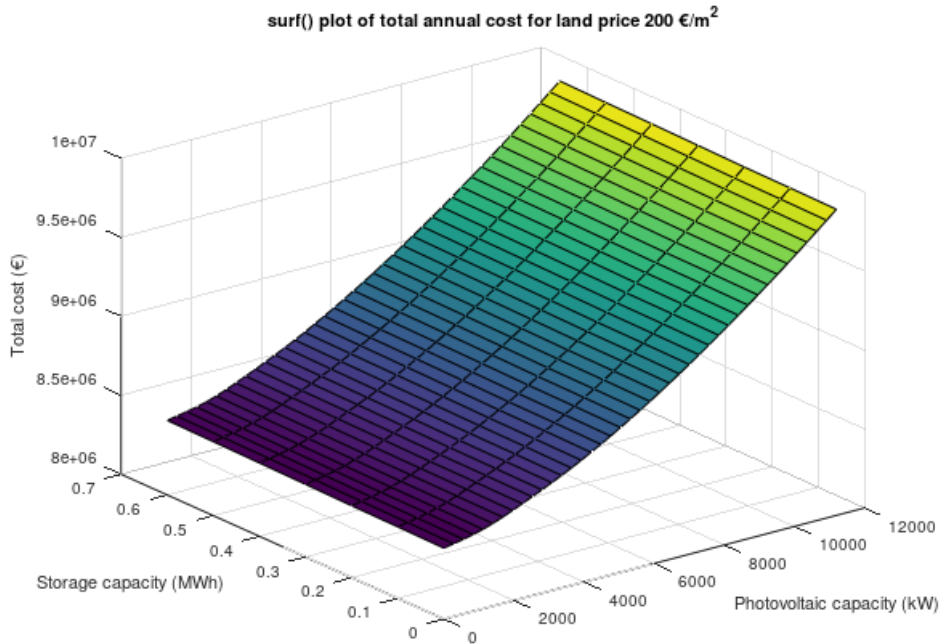


Figure 48 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

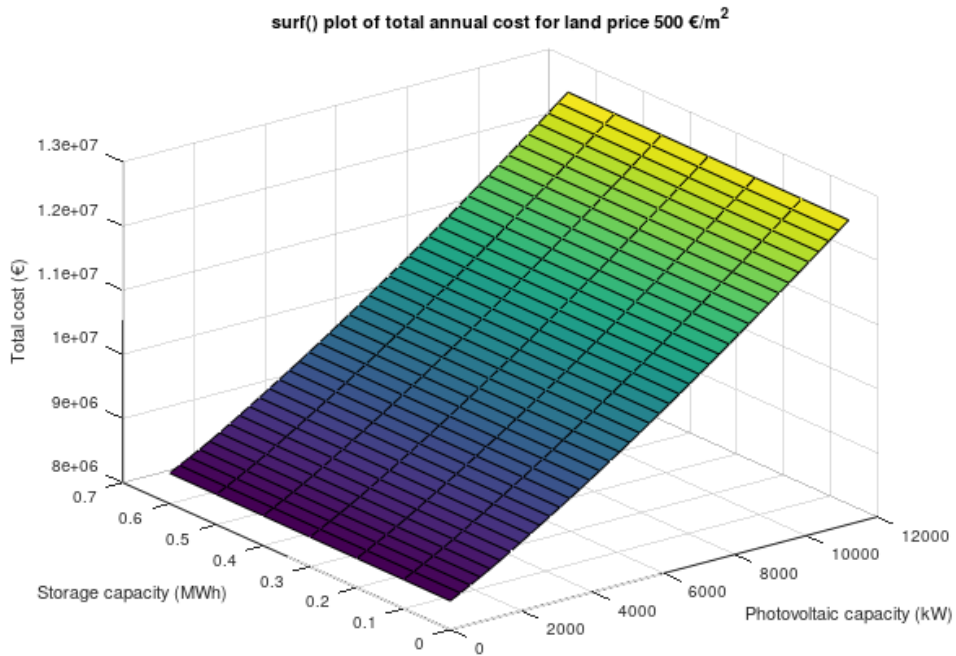


Figure 49 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

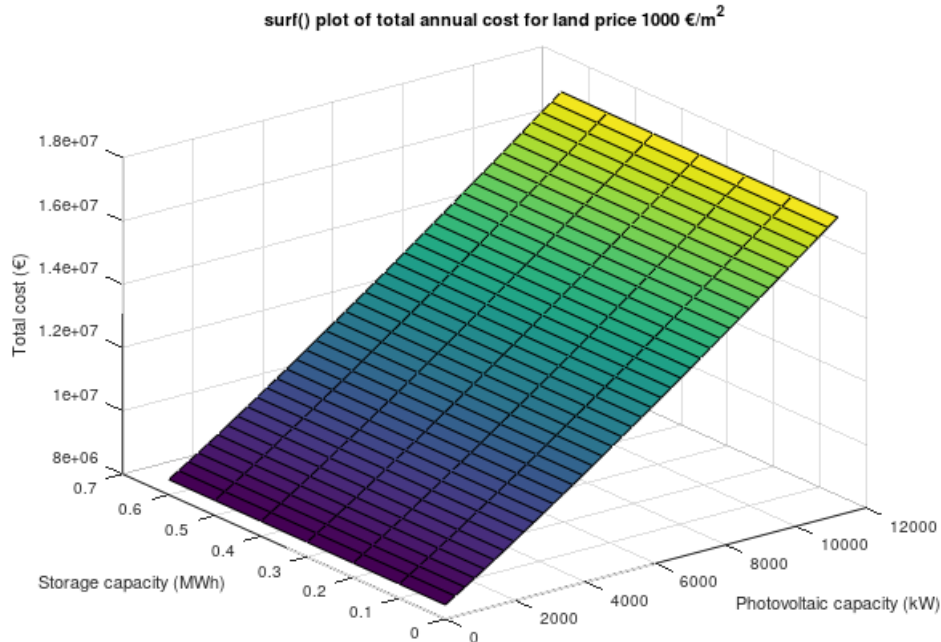


Figure 50 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

6.2.27 Σενάριο 27: container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων (χρήση πλαισίων των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλαισίων, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Ακολούθως υπολογίζονται η ωριαία αποθήκευση και η προσφορά ενέργειας του συστήματος αποθήκευσης, για την κάλυψη των αναγκών του λιμένα, όπως παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.2.2. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Το εναπομένον φορτίο προκύπτει από το άθροισμα του αρχικού ωριαίου φορτίου και του ωριαίου φορτίου αποθήκευσης, αφαιρούμενου του ωριαίου φορτίου των φωτοβολταϊκών και της ωριαίας προσφοράς του συστήματος αποθήκευσης. Θα ζητηθούν τρεις παροχές των 10 MVA. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΥ και ΒΓ υψηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης φ/β πλαισίων είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης (μαζί με το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου), όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 40000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης από 0MWh έως 0,6MWh με βήμα 0,1MWh. Οι

βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 33000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 81:

Table 81 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	33000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	9240
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.654.427

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 47.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 32000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 82:

Table 82 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	32000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	8960
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.779.764

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 48.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 6 (κόστος πλοίων 8.417.422€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 51.

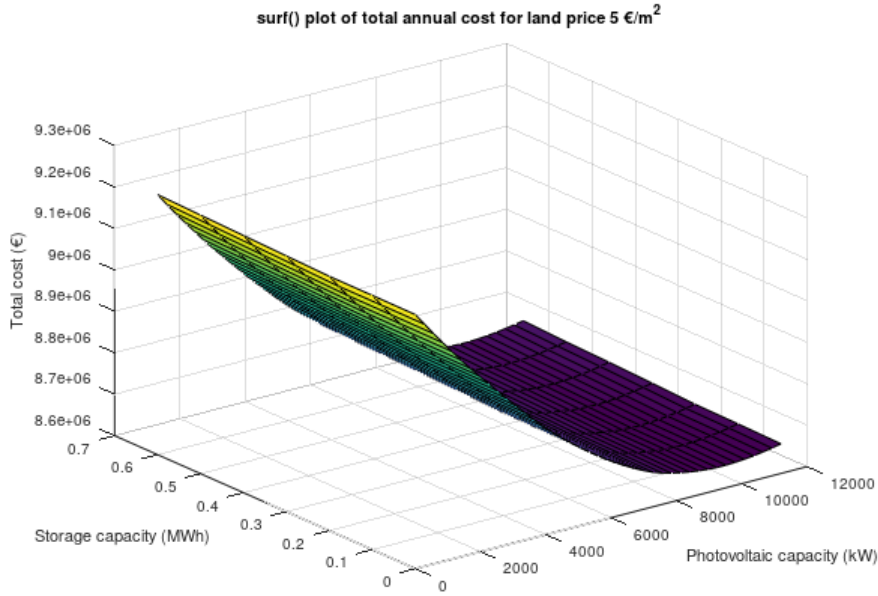


Figure 51 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 25000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 83:

Table 83 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	25000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	7000
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	8.956.007

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 49.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 23000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 84:

Table 84 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	23000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	6440
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	9.065.762

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 50.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 6 (κόστος πλοίων 8.417.422€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 52.

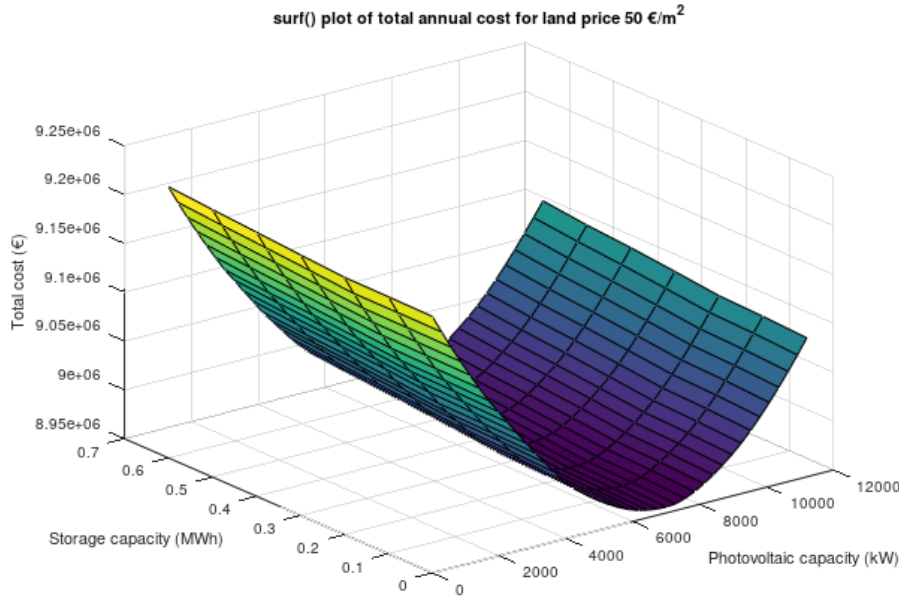


Figure 52 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 13000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 85:

Table 85 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	13000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3640
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	9.173.351

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 51.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΥ είναι στα 11000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη αποθηκευτικής διάταξης σύμφωνα με τον πίνακα 86:

Table 86 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΥ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	11000

Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3080
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	9.265.264

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 52.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 6 (κόστος πλοίων 8.417.422€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 53.

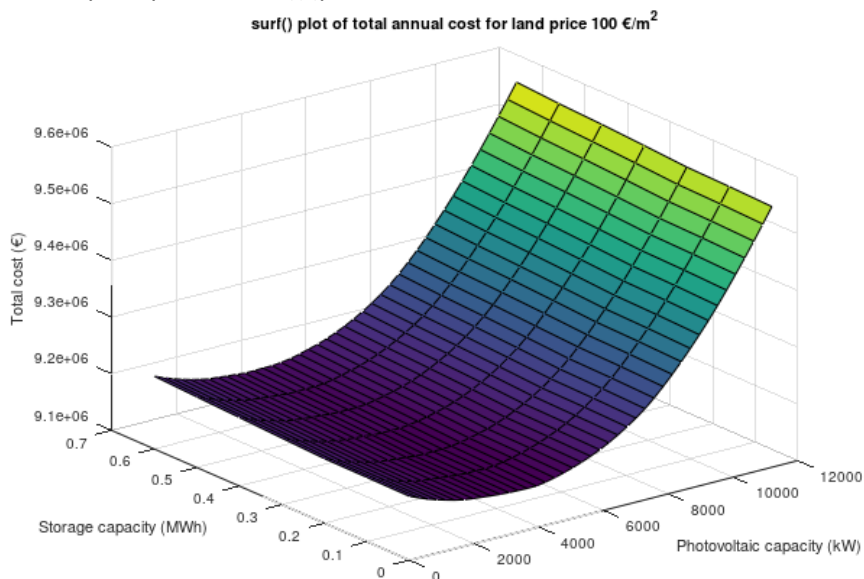


Figure 53 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο C1 - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε ότι δεν είναι συμφέρουσα η χρήση αποθηκευτικής διάταξης ενέργειας.

Για τιμή αγροτεμαχίου (200€/m², 500€/m², 1000€/m²), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΥ και ΒΓ, δεν συμφέρει ούτε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ούτε η χρήση συστήματος αποθήκευσης, για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων πλοίων container και bulk. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα γραφήματα του ετήσιου κόστους λιμένα, συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τις μελετώμενες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου, για τιμολόγιο ΒΓ.

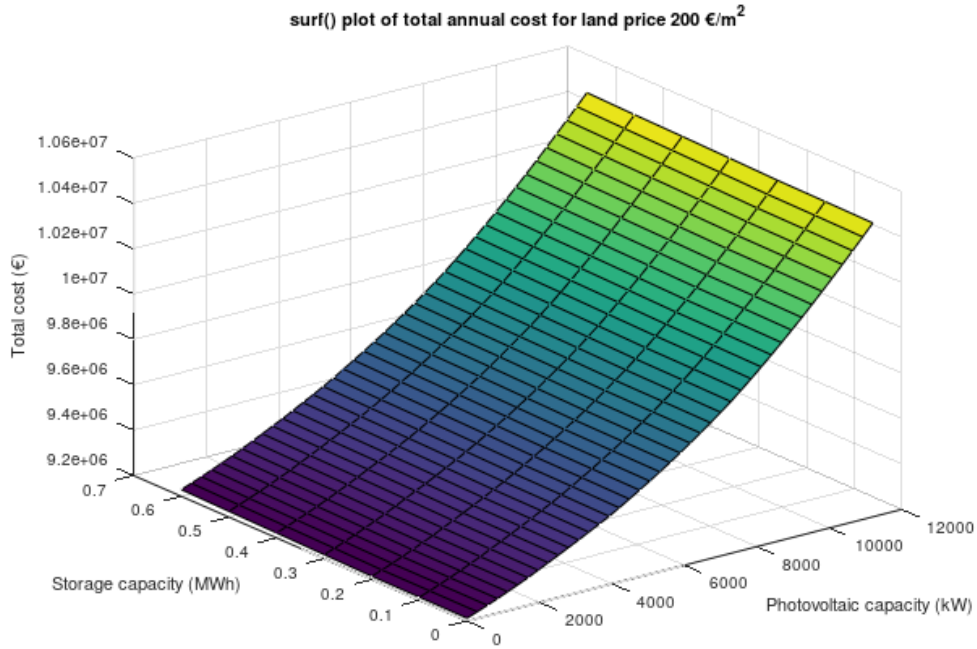


Figure 54 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

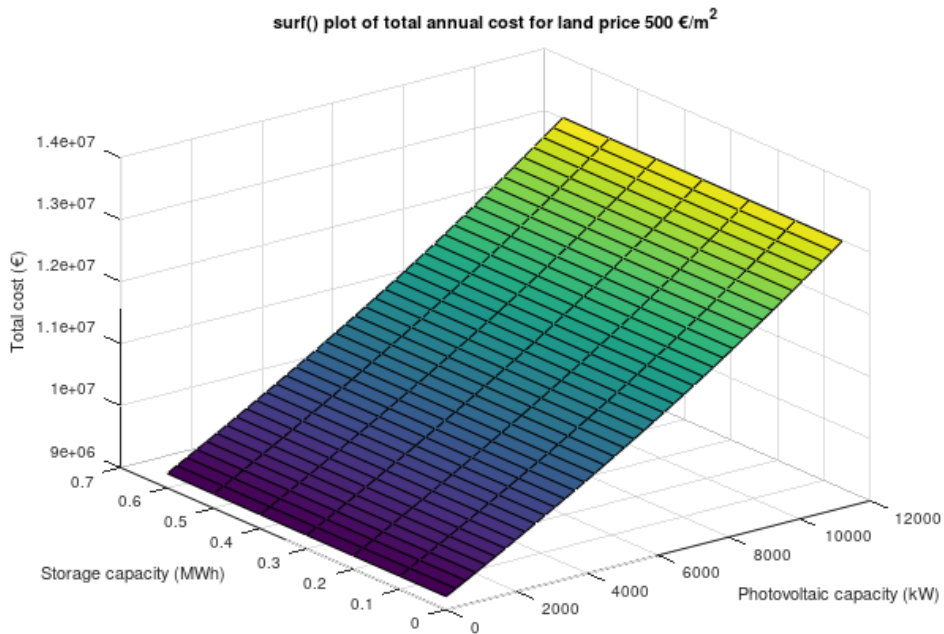


Figure 55 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

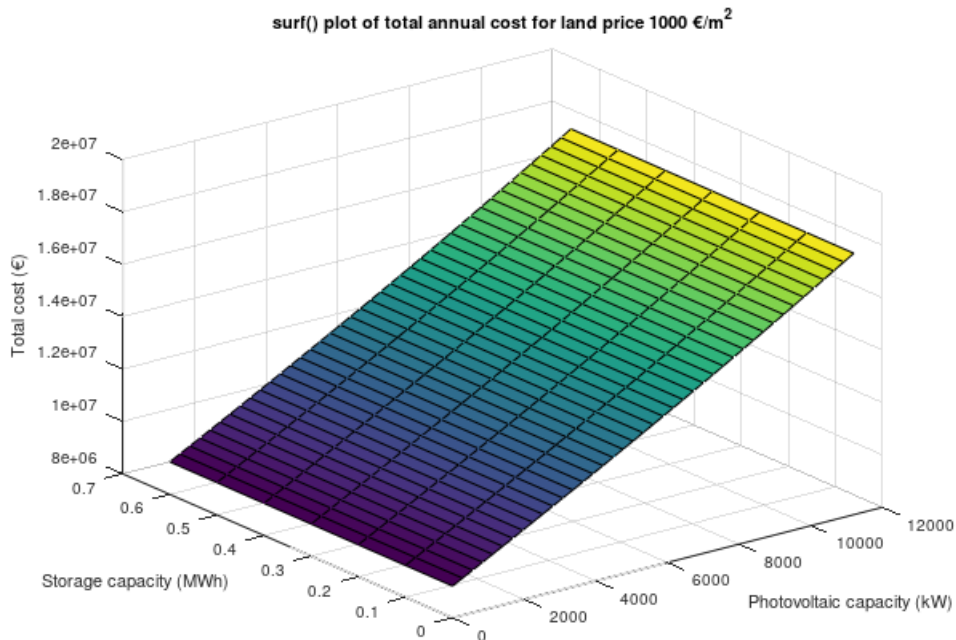


Figure 56 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

6.2.28 Σενάριο 28: κρουαζιερόπλοιο & container & bulk πλήρης κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Στο σενάριο αυτό για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των κρουαζιερόπλοιων, των πλοίων container και bulk από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης), γίνεται βελτιστοποίηση για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών πλασιών (χρήση πλασιών των 280Wr, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.6). Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά υπολογίζεται η ωριαία παραγωγή του έτους των φωτοβολταϊκών για συγκεκριμένο πλήθος πλασιών, στη συνέχεια η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου αφαιρείται από το ωριαίο φορτίο του λιμένα για ολόκληρο το έτος. Ακολουθώντας υπολογίζονται η ωριαία αποθήκευση και προσφορά ενέργειας του συστήματος αποθήκευσης, για την κάλυψη των αναγκών του λιμένα, όπως παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.2.2. Τέλος τιμολογείται το εναπομένον φορτίο. Το εναπομένον φορτίο προκύπτει από το άθροισμα του αρχικού ωριαίου φορτίου και του ωριαίου φορτίου αποθήκευσης, αφαιρούμενου του ωριαίου φορτίου των φωτοβολταϊκών και της ωριαίας προσφοράς του συστήματος αποθήκευσης. Θα ζητηθούν δύο παροχές των 12,5 MVA και τρεις των 10 MVA. Για το σενάριο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για τιμολόγιο ΒΧ και ΒΓ χαμηλού συντελεστή χρησιμοποίησης. Λόγω της χρήσης Φ/Β πλασιών είναι πιθανό να μεταβάλλεται τόσο η μέγιστη ζητούμενη ισχύς, όσο και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Στο κόστος του ετήσιου τιμολογίου προστίθεται το ισοδύναμο ετήσιο κόστος του φωτοβολταϊκού πάρκου, της αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, της εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και της εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης (μαζί με το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου), όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6. Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για

0 έως 43000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης από 0MWh έως 0,6MWh με βήμα 0,1MWh. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα ανά τιμή αγοράς αγροτεμαχίου.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 40000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη διάταξης αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 87:

Table 87 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	40000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	11200
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	10.201.847

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 53.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 42000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη διάταξης αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 88:

Table 88 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	42000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	11760
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	10.224.001

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 54.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 7 (κόστος πλοίων 8.842.528€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 57.

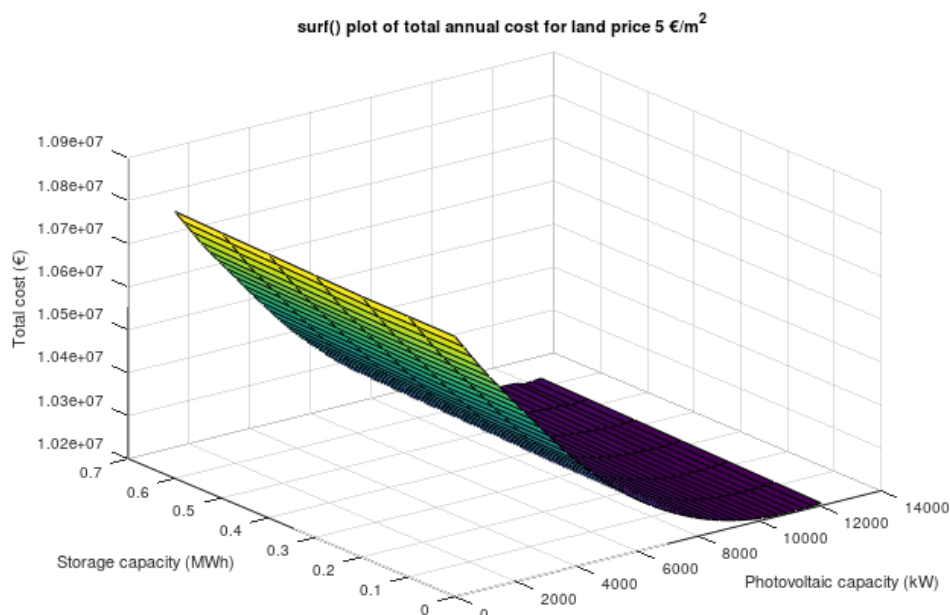


Figure 57 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 25000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη διάταξης αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 89:

Table 89 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	25000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	7000
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	10.538.656

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 55.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 28000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη διάταξης αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 90:

Table 90 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	28000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	7840
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	10.593.107

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 56.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² είναι πιο οικονομικό,

όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 7 (κόστος πλοίων 8.842.528€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 58.

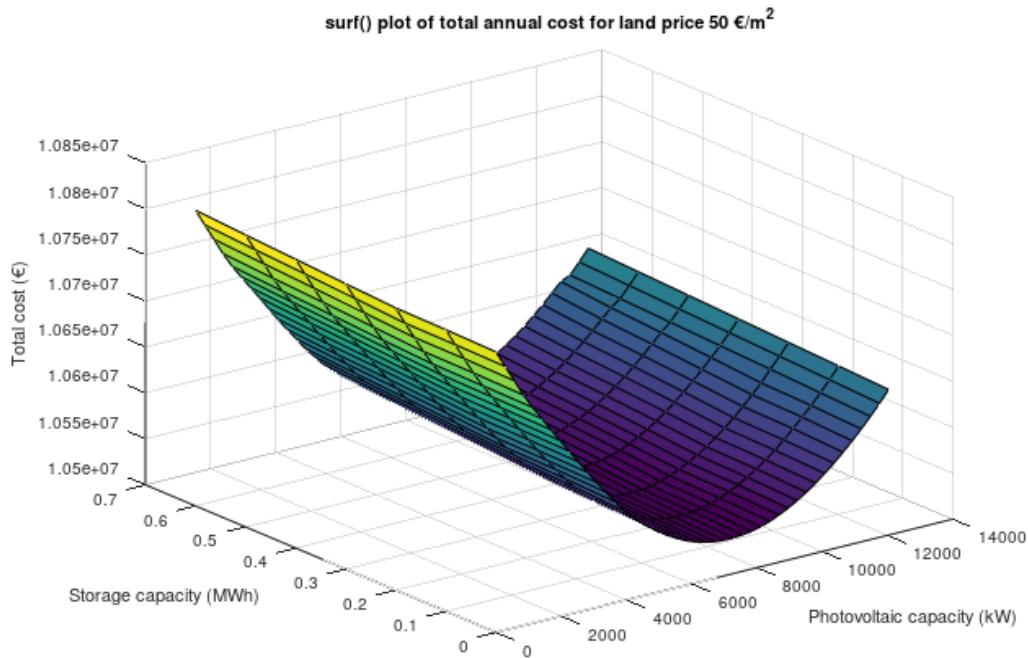


Figure 58 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 14000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη διάταξης αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 91:

Table 91 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	14000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	3920
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	10.761.487

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 57.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΧ είναι στα 15000 φ/β πλαίσια χωρίς την ύπαρξη διάταξης αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 92:

Table 92 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΧ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	15000

Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	4200
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	10.850.431

Με το ετήσιο κόστος να αναλύεται στον πίνακα 58.

Το σενάριο για το τιμολόγιο ΒΓ για κόστος αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² είναι πιο οικονομικό, όμως αυτό σε σχέση με το σενάριο 7 (κόστος πλοίων 8.842.528€) δεν είναι βιώσιμο.

Ενδεικτικά ακολουθεί η γραφική του ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ στο σχήμα 59.

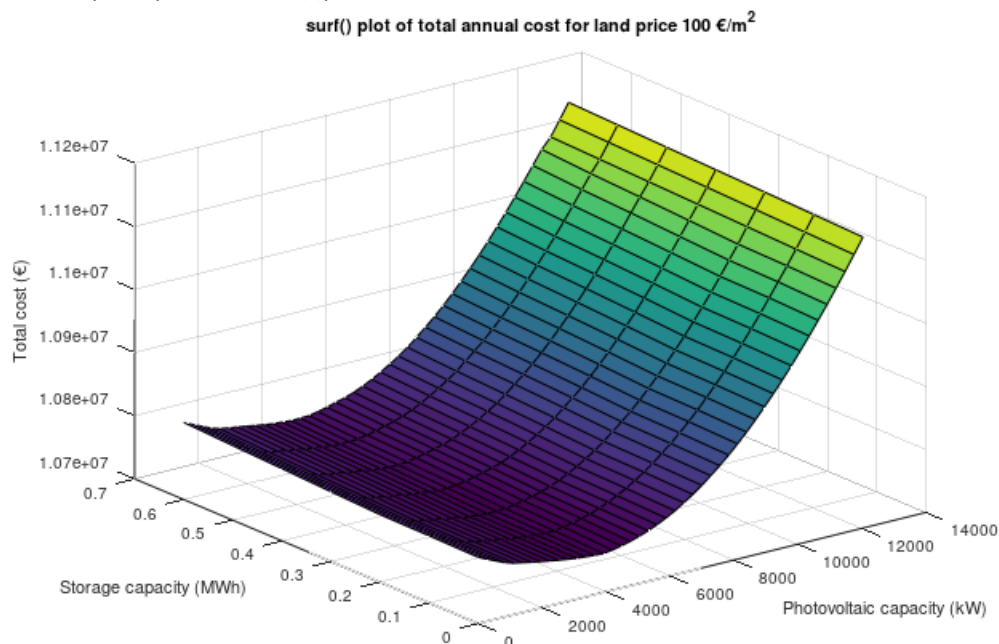


Figure 59 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε ότι δεν είναι συμφέρουσα η χρήση διάταξης αποθήκευσης ενέργειας.

Για τιμή αγροτεμαχίου (200€/m², 500€/m², 1000€/m²), ελέγχοντας τα τιμολόγια ΒΧ και ΒΓ, δεν συμφέρει ούτε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, ούτε η χρήση συστήματος αποθήκευσης, για το συγκεκριμένο σενάριο που αφορά μόνο το φορτίο των ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα γραφήματα του ετήσιου κόστους λιμένα, συναρτήσεως της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τις μελετώμενες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου, για τιμολόγιο ΒΓ.

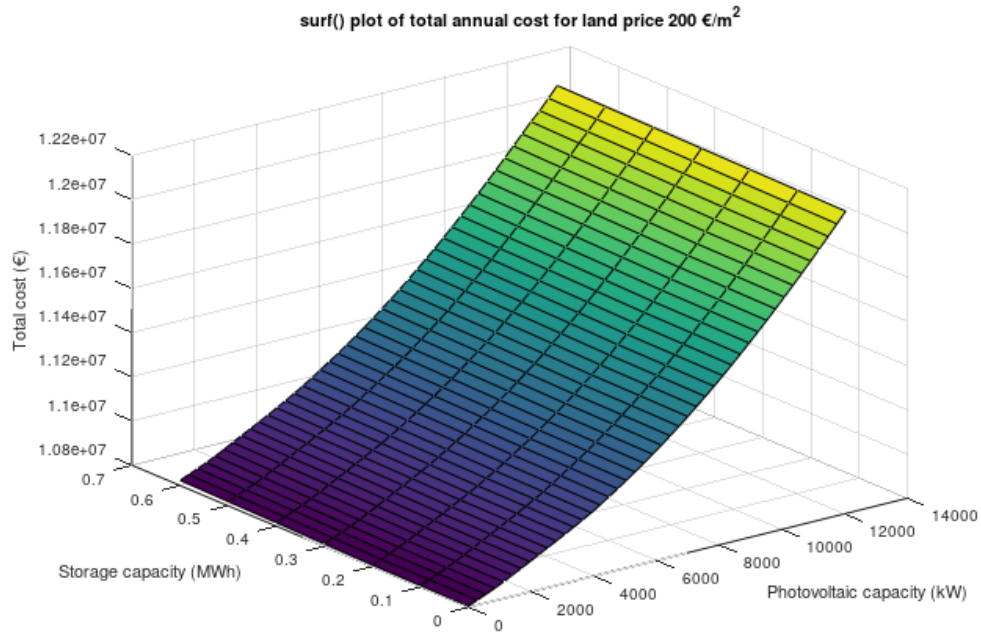


Figure 60 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

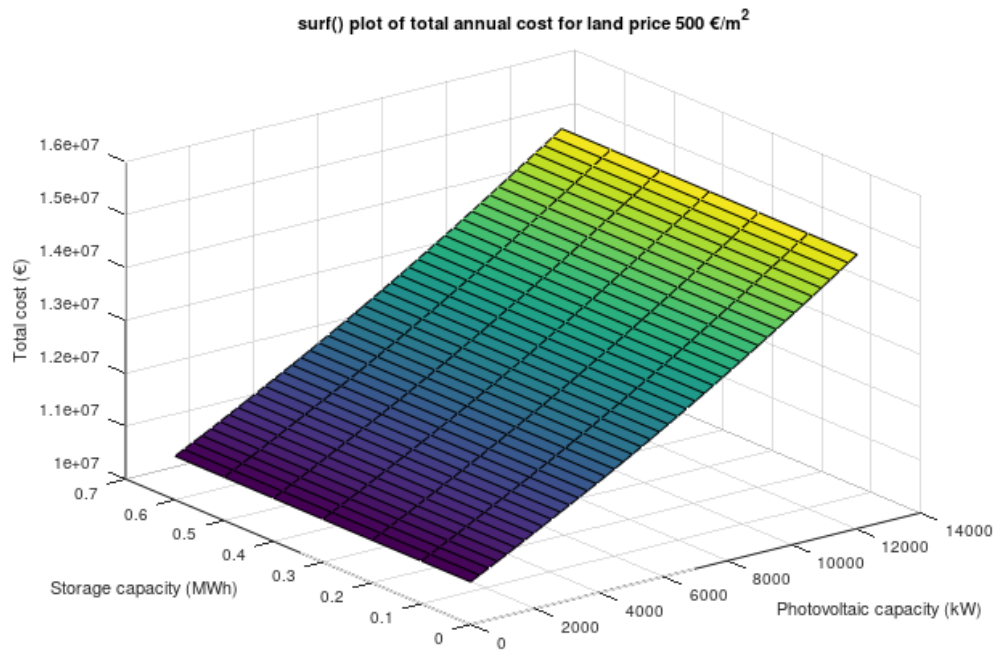


Figure 61 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

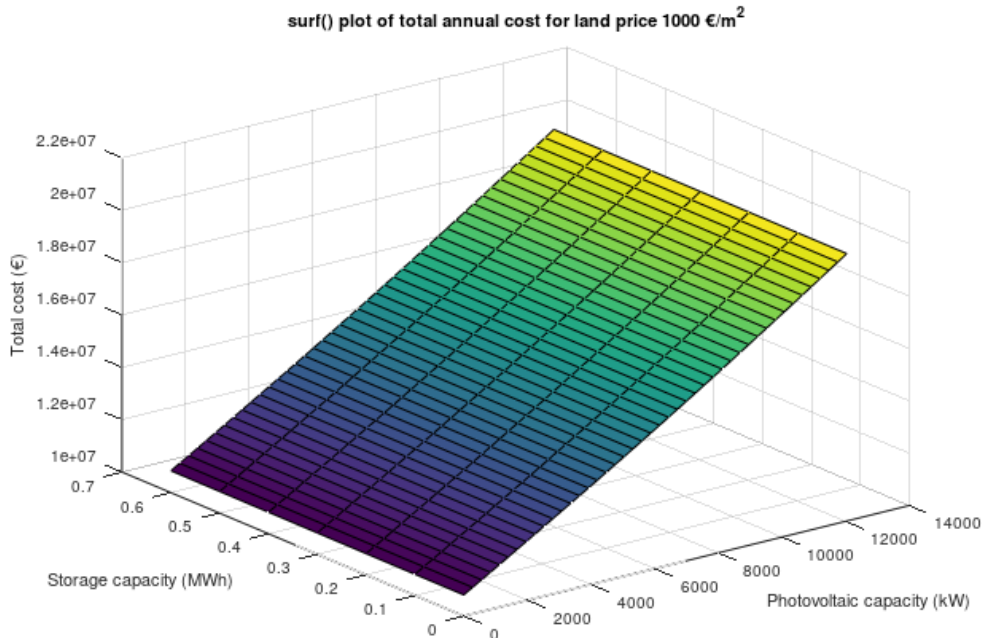


Figure 62 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης).

6.3 Ανάλυση ευαισθησίας

6.3.1 Υποθετικό σενάριο για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης

Το συγκεκριμένο σενάριο μελετήθηκε για ενδεικτικούς λόγους. Αυτό αφορά το φορτίο των ελλιμενισμένων πλοίων container και την κάλυψη των αναγκών τους από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης, από τον πάροχο, το φωτοβολταϊκό πάρκο και το σύστημα αποθήκευσης, για τιμολόγηση ΒΓ. Ο τρόπος υπολογισμού έγινε ακριβώς όπως παρουσιάζεται στο σενάριο 23, στην παράγραφο 6.2.23. Με μόνη διαφορά ότι η έκταση στην οποία θα τοποθετηθεί το μελετώμενο σύστημα αποθήκευσης είναι διαθέσιμη, δηλαδή δεν χρειάζεται να γίνει αγορά έκτασης για την τοποθέτησή του (για το φωτοβολταϊκό πάρκο γίνεται κανονικά αγορά έκτασης).

Οι δοκιμές για την εύρεση του βέλτιστου πλήθους φωτοβολταϊκών έγιναν για 0 έως 15000 πλαίσια με βήμα τα 1000 πλαίσια, και βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης από 0MWh έως 0,4MWh με βήμα 0,1MWh. Οι βελτιστοποιήσεις αυτές έγιναν για τις διαφορετικές τιμές αγροτεμαχίου όπως παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.6.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 10000 φ/β πλαίσια χωρίς διάταξη αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 93 και το σχήμα 63:

Table 93 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	10000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	2800
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.594.303

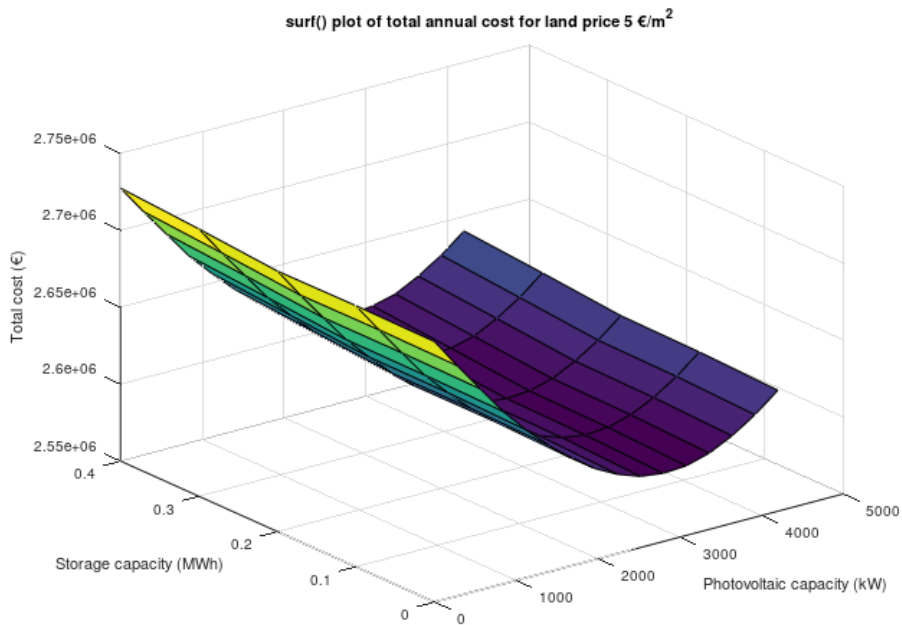


Figure 63 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 5€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι στα 6000 φ/β πλαίσια χωρίς διάταξη αποθήκευσης ενέργειας σύμφωνα με τον πίνακα 94 και το σχήμα 64:

Table 94 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	6000
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	1680
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.682.826

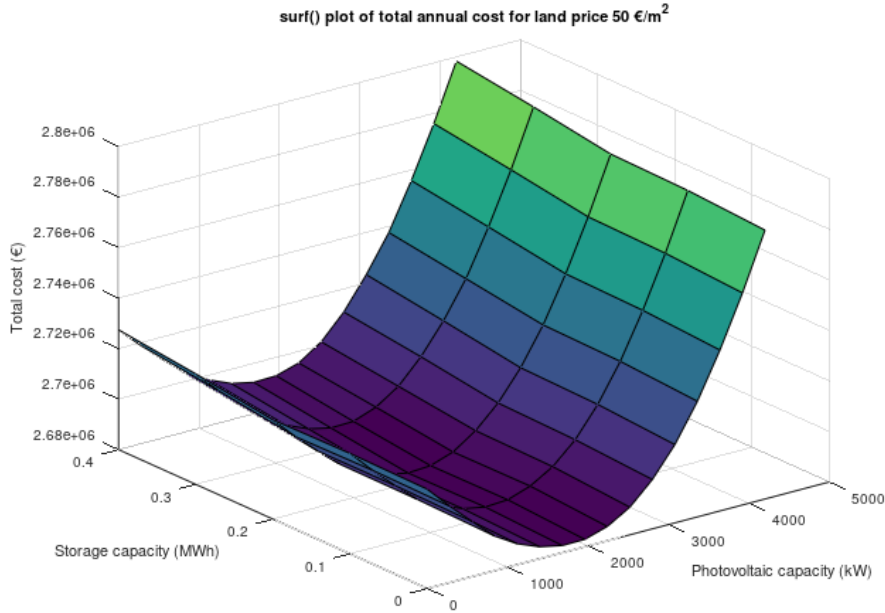


Figure 64 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 50€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου *contrainer*: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι με 0 φ/β πλαίσια και διάταξη αποθήκευσης ενέργειας υπό μορφή αντλησιοταμίευσης 0,2 MWh σύμφωνα με τον πίνακα 95 και το σχήμα 65:

Table 95 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου *contrainer*: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0,2
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	0
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	0
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.719.290

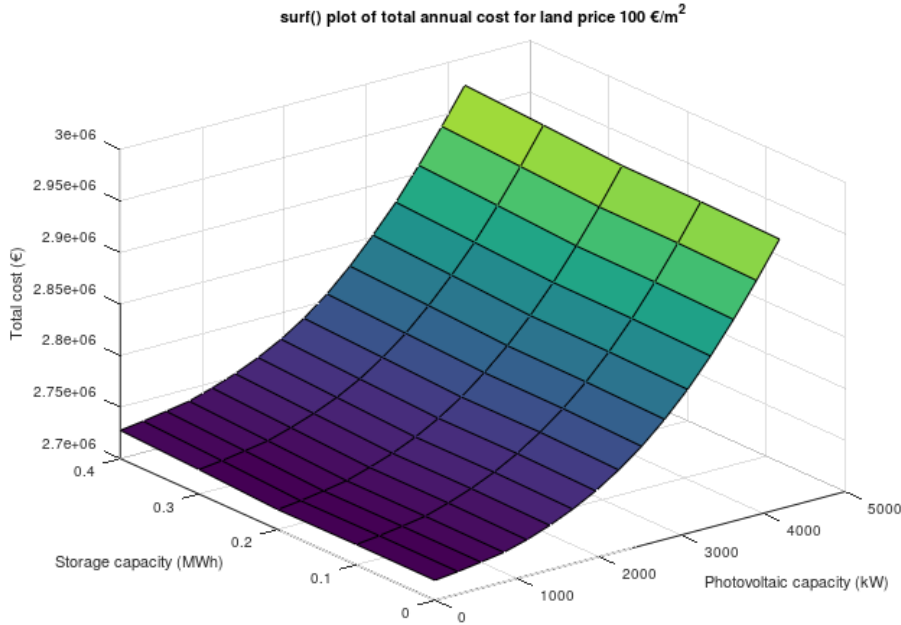


Figure 65 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου contrainer: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι με 0 φ/β πλαίσια και διάταξη αποθήκευσης ενέργειας υπό μορφή αντλησιοταμίευσης 0,2 MWh σύμφωνα με τον πίνακα 96 και το σχήμα 66:

Table 96 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου contrainer: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0,2
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	0
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	0
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.719.290

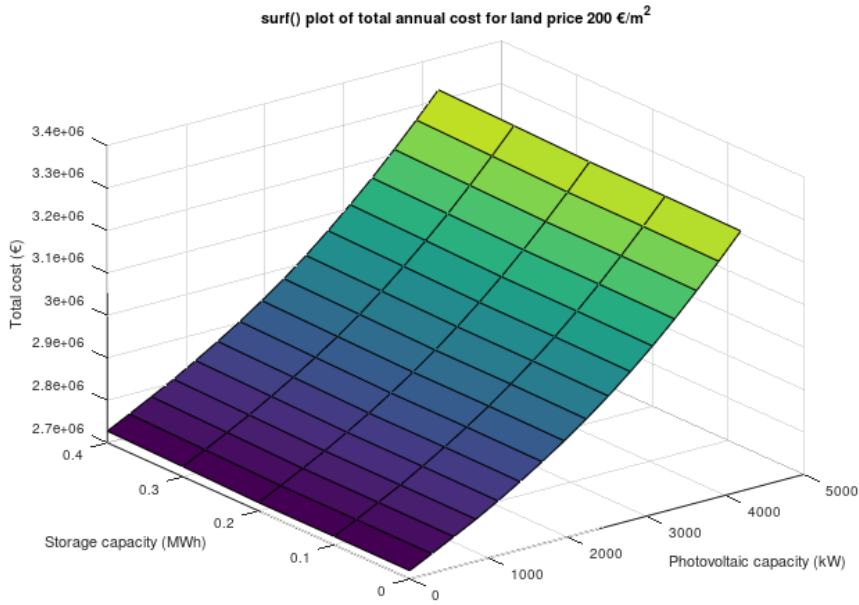


Figure 66 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 200€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι με 0 φ/β πλαίσια και διάταξη αποθήκευσης ενέργειας με μορφή αντλησιοταμίευσης 0,2 MWh σύμφωνα με τον πίνακα 97 και το σχήμα 67:

Table 97 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0,2
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλασιών	0
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	0
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.719.290

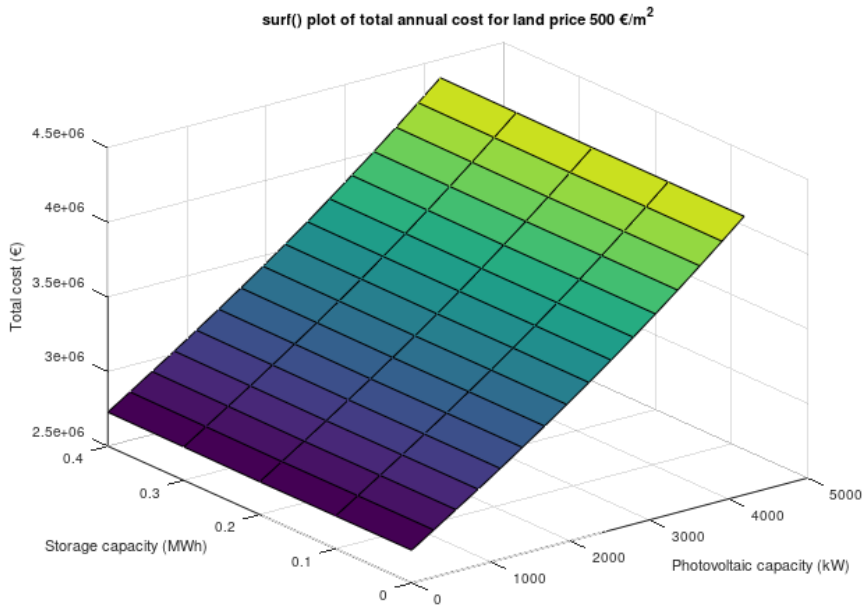


Figure 67 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 500€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου *contrainer*: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m² η βέλτιστη λύση για τιμολόγιο ΒΓ είναι με 0 φ/β πλαίσια και διάταξη αποθήκευσης ενέργειας υπό μορφή αντλιοσταμίου 0,2 MWh σύμφωνα με τον πίνακα 98 και το σχήμα 68:

Table 98 Βέλτιστη λύση για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου *contrainer*: σενάριο CI - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Αποθηκευτική ικανότητα (MWh)	0,2
Πλήθος φωτοβολταϊκών πλαισίων	0
Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού πάρκου (kW)	0
Ετήσιο κόστος λιμένα (€)	2.719.290

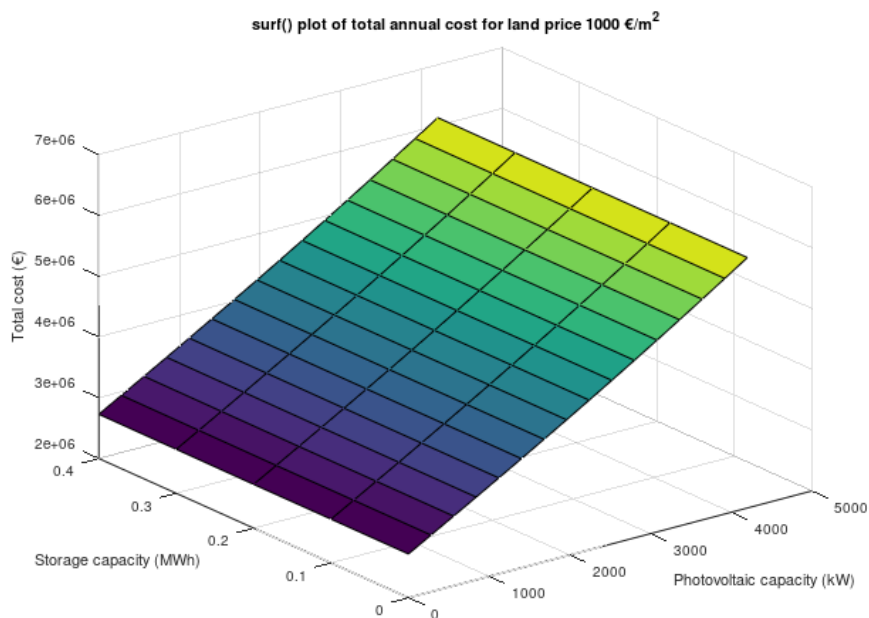


Figure 68 Γράφημα ετήσιου κόστους λιμένα συναρτήσει της εγκατεστημένης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου και του μεγέθους αποθήκευσης, για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 1000€/m², τιμολόγιο ΒΓ (φορτίο πλοίου container: σενάριο C1 - πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης, για διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης του συστήματος αποθήκευσης).

Σε αυτό το ενδεικτικό παράδειγμα φαίνεται ότι για τιμή αγοράς αγροτεμαχίου 100€/m², 200€/m², 500€/m², 1000€/m² η εξοικονόμηση χρημάτων από το σύστημα αποθήκευσης είναι μεγαλύτερη από ότι από το φωτοβολταϊκό πάρκο. Συγκεκριμένα για αυτές τις τιμές δεν συμφέρει να γίνει επένδυση φωτοβολταϊκού πάρκου, ενώ συμφέρει να γίνει επένδυση συστήματος αποθήκευσης με αποθηκευτική ικανότητα 0,2MWh.

6.3.2 Υποθετικό σενάριο για τιμή καυσίμου αυξημένη κατά 50%

Για ενδεικτικούς λόγους πραγματοποιήθηκε το ακόλουθο σενάριο. Η υπόθεση που έγινε είναι ότι η τιμή του καυσίμου που χρησιμοποιούν οι ντιζελογεννήτριες των πλοίων είναι αυξημένη κατά 50% σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στα σενάρια 1 έως και 7. Με τη νέα αυτή τιμή καυσίμου αλλάζει το ετήσιο κόστος λειτουργίας του κάθε πλοίου, για την κάλυψη του φορτίου τους κατά τις ώρες ελλιμενισμού στο υπό μελέτη λιμάνι. Μετά από αυτή την αλλαγή γίνεται πάλι σύγκριση του ετήσιου κόστους των πλοίων με το ετήσιο κόστος του λιμένα των επόμενων σεναρίων (σενάριο 8 έως και 28). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 99 και 100.

Table 99 Ετήσιο κόστος σεναρίων 1 έως 7 για αύξηση της τιμής καυσίμου των ντιζελογεννητριών κατά 50%.

Σενάριο	Ετήσιο κόστος (€)
1) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων (ντιζελογεννήτριες)	702,594
2) Φορτίο πλοίων container (ντιζελογεννήτριες)	3,346,579
3) Φορτίο πλοίων bulk (ντιζελογεννήτριες)	9,259,414
4) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container (ντιζελογεννήτριες)	4,026,102
5) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk (ντιζελογεννήτριες)	9,910,780
6) Φορτίο πλοίων container και bulk (ντιζελογεννήτριες)	12,626,132
7) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk (ντιζελογεννήτριες)	13,263,792

Table 100 Ετήσιο κόστος σεναρίων 8 έως 28 και σύγκριση αυτών με τα αντίστοιχα σενάρια 1 έως 7 για τη διερεύνηση κατά πόσο είναι οικονομικά συμφέροντα σε κάθε περίπτωση.

Σενάριο	Ετήσιο κόστος (€) (της βέλτιστης σε κάθε περίπτωση λύσης, η οποία αναφέρεται)	Οικονομικά συμφέρον σενάριο
8) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων (CI: πάροχος)	Τιμολόγιο ΒΧ : 1,748,782	
9) Φορτίο πλοίων container (CI: πάροχος)	Τιμολόγιο ΒΓ : 2,719,323	x
10) Φορτίο πλοίων bulk (CI: πάροχος)	Τιμολόγιο ΒΓ : 6,852,558	x
11) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container (CI: πάροχος)	Τιμολόγιο ΒΧ : 4,322,884	
12) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk (CI: πάροχος)	Τιμολόγιο ΒΓ : 8,448,633	x
13) Φορτίο πλοίων container και bulk (CI: πάροχος)	Τιμολόγιο ΒΓ : 9,212,615	x
14) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk (CI: πάροχος)	Τιμολόγιο ΒΓ : 10,804,868	x
15) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων (CI: πάροχος & φ/β)	-	
16) Φορτίο πλοίων container (CI: πάροχος & φ/β)	5€/m ² , 11000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΧ: 2,581,816	x
	50€/m ² , 7000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΧ: 2,677,492	x
17) Φορτίο πλοίων bulk (CI: πάροχος & φ/β)	5€/m ² , 22000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 6,517,887	x
	50€/m ² , 14000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 6,712,989	x
	100€/m ² , 5000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 6,833,190	x
18) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container (CI: πάροχος & φ/β)	5€/m ² , 13000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΧ: 4,134,451	
	50€/m ² , 9000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΧ: 4,251,583	
	100€/m ² , 2000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΧ: 4,318,444	
19) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk (CI: πάροχος & φ/β)	5€/m ² , 30000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΧ: 8,044,915	x
	50€/m ² , 16000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 8,282,397	x
	100€/m ² , 5000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 8,405,972	x
20) Φορτίο πλοίων container και bulk (CI: πάροχος & φ/β)	5€/m ² , 33000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 8,654,427	x
	50€/m ² , 25000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 8,956,007	x
	100€/m ² , 13000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 9,173,351	x
21) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk (CI: πάροχος & φ/β)	5€/m ² , 40000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 10,201,847	x
	50€/m ² , 25000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 10,538,656	x
	100€/m ² , 14000 φ/β πλαίσια, Τιμολόγιο ΒΓ: 10,761,487	x

Με την αύξηση της τιμής του καυσίμου των πλοίων αλλάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα των σεναρίων. Όπως φαίνεται από τους πίνακες 99 και 100. Με την αύξηση της τιμής αυτής τα σενάκια 9) Φορτίο πλοίων container (CI: πάροχος), 10) Φορτίο πλοίων bulk (CI: πάροχος), 12) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk (CI: πάροχος), 13) Φορτίο πλοίων container και bulk (CI: πάροχος), 14) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk (CI: πάροχος) που αφορούν την κάλυψη του φορτίου των ελλιμενισμένων πλοίων από τον πάροχο με χρήση του συστήματος ψυχρής εκκίνησης γίνονται οικονομικά ωφέλιμα.

Ακολουθως, όλα τα αποτελέσματα των σεναρίων 16) Φορτίο πλοίων container (CI: πάροχος & φ/β), 17) Φορτίο πλοίων bulk (CI: πάροχος & φ/β), 19) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων bulk (CI: πάροχος & φ/β), 20) Φορτίο πλοίων container και bulk (CI: πάροχος & φ/β), 21) Φορτίο κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk (CI: πάροχος & φ/β) που αφορούν την κάλυψη του φορτίου των ελλιμενισμένων πλοίων από τον πάροχο και το φωτοβολταϊκό πάρκο με χρήση του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, τα οποία αναλύονται στις αντίστοιχες παραγράφους 6.2.16, 6.2.17, 6.2.19, 6.2.20, 6.2.21, γίνονται οικονομικά ωφέλιμα. Ακόμα, στον πίνακα 100 φαίνεται συνοπτικά η βέλτιστη σε κάθε περίπτωση λύση (κόστος αγοράς αγροτεμαχίου, πλήθος φ/β πλαϊσίων, είδος τιμολογίου) καθώς και το ετήσιο κόστος για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

Τα αποτελέσματα των σεναρίων στα οποία μελετάται η χρήση φωτοβολταϊκών ταυτόχρονα με την αποθήκευση ενέργειας μέσω συστήματος αντλησιοταμίευσης (σενάρια 22 έως και 28) έδειξαν ότι η εξοικονόμηση χρημάτων από τη χρήση φωτοβολταϊκών είναι σημαντικότερη από την εξοικονόμηση χρημάτων από τη χρήση του συγκεκριμένου συστήματος αποθήκευσης, καθιστώντας ασύμφορη την αποθήκευση στο σημείο βέλτιστης λύσης των φωτοβολταϊκών. Έτσι τα σενάκια αυτά δεν μελετώνται στη συγκεκριμένη παράγραφο, καθώς έχουν τα ίδια αποτελέσματα με τα αντίστοιχα σενάκια παρόχου και χρήσης φωτοβολταϊκών (σενάρια 15 έως και 21).

6.4 Συμπεράσματα

Αρχικά, το κόστος εγκατάστασης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης ανέρχεται σε ένα σημαντικό ποσό, το οποίο ανεβάζει σημαντικά το συνολικό ετήσιο κόστος του λιμένα. Στα μελετώμενα σενάκια, ξεκινώντας από εκείνα όπου το φορτίο των πλοίων καλύπτεται εξολοκλήρου από τον πάροχο, μέσω του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, φάνηκε ότι είναι οικονομικά ασύμφορη η χρήση του από τα μελετώμενα πλοία, με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, στα συγκεκριμένα σενάκια. Συνεπώς, αν δεν υπάρχουν περιβαλλοντικοί περιορισμοί ή δεν επιβάλλεται υποχρεωτική χρήση του από τα συγκεκριμένα πλοία, αλλά υπάρχει δυνατότητα επιλογής της οικονομικά συμφέρουσας λύσης, τότε τα συγκεκριμένα πλοία με τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, για το συγκεκριμένο φορτίο και για χρήση των συγκεκριμένων τιμολογίων παρόχου, δεν θα επέλεγαν τη χρήση του. Ενδεχομένως μεταβολή του κόστους καυσίμου θα επέφερε και αλλαγή στην τελική επιλογή της πιο συμφέρουσας λύσης.

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ανάλογα με το φορτίο του λιμένα και το κόστος κεφαλαίου της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου είναι ικανή να μειώσει σε σημαντικό βαθμό το ετήσιο τιμολόγιο του λιμένα, συνεπώς και το ετήσιο κόστος του λιμένα. Αυτό βέβαια συμβαίνει όταν το φορτίο είναι ανάλογο, καθώς στην περίπτωση του φορτίου των κρουαζιερόπλοιων η εξοικονόμηση χρημάτων από το φωτοβολταϊκό πάρκο δεν είναι ικανή να αντισταθμίσει το αρχικό κόστος αγοράς τους. Στα υπόλοιπα σενάκια, όπου είναι συμφέρουσα η χρήση φωτοβολταϊκών, η μείωση του ετήσιου κόστους εξαρτάται από το κόστος αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου. Όσο το κόστος αυτό αυξάνεται, τόσο μικρότερη είναι η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων του λιμένα, όπου ανάλογα με το σενάριο από ένα σημείο και έπειτα είναι ασύμφορη η χρήση

φωτοβολταϊκών. Σε κάθε περίπτωση, στα σενάρια κάλυψης των αναγκών του φορτίου των πλοίων από τον πάροχο και τη χρήση φωτοβολταϊκών, το συνολικό ετήσιο κόστος του λιμένα είναι υψηλότερο από το κόστος των πλοίων εάν κάλυπταν τις ανάγκες τους από τη χρήση ντιζελογεννητριών. Όπου και πάλι αυτό το συμπέρασμα προκύπτει για τα μελετώμενα σενάρια και τα μελετώμενα πλοία με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και τα συγκεκριμένα τιμολόγια.

Ακολουθούν τα σενάρια όπου εξετάζεται η χρήση συστήματος αποθήκευσης ταυτόχρονα με τη χρήση φωτοβολταϊκών. Συμπεραίνεται ότι η χρήση του συστήματος αποθήκευσης εξαρτάται από το φορτίο του λιμένα, το οποίο είναι διαφορετικό ανάλογα με το είδος των πλοίων του λιμένα και την εποχή. Στα σενάρια που μελετήθηκαν από τη βέλτιστη λύση φάνηκε ότι η εξοικονόμηση χρημάτων από την αξιοποίηση του φωτοβολταϊκού πάρκου είναι σημαντικότερη από την εξοικονόμηση χρημάτων από τη χρήση του συστήματος αποθήκευσης με χρήση αντλησιοταμιευτήρα. Έτσι για τα μελετώμενα σενάρια, παρόλο που είναι οικονομικά συμφέρουσα η χρήση φωτοβολταϊκών σε όλα τα σενάρια εκτός από αυτό των κρουαζιερόπλοιων, στο σημείο βέλτιστης λύσης των φωτοβολταϊκών δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα η χρήση του μελετώμενου συστήματος αποθήκευσης, καθώς η εξοικονόμηση χρημάτων από τη χρήση αυτού δεν είναι ικανή να εξισορροπήσει το αρχικό κόστος αγοράς της όλης εγκατάστασης, καθώς και της έκτασης στην οποία θα τοποθετηθεί το σύστημα αποθήκευσης.

Ανά κατηγορία φορτίου του λιμένα υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων λόγω του ύψους του φορτίου και της κατανομής του μέσα στο έτος. Έτσι οι ετήσιες καμπύλες διάρκειας φορτίου καθώς και οι χρονολογικές καμπύλες φορτίου δείχνουν αυτή τη διαφορά στο φορτίο ανά κατηγορία. Εκεί φαίνεται και η σημαντική διαφορά που έχει το φορτίο των κρουαζιερόπλοιων σε σχέση με το φορτίο των άλλων πλοίων και ο λόγος για τον οποίο μόνο γι' αυτό το σενάριο είναι ασύμφορη η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου, καθώς η εξοικονόμηση χρημάτων από την αξιοποίηση αυτού δεν είναι ικανή να αποσβέσει το κόστος κεφαλαίου του σε περίπτωση που λειτουργεί για την κάλυψη μόνο των δικών του αναγκών.

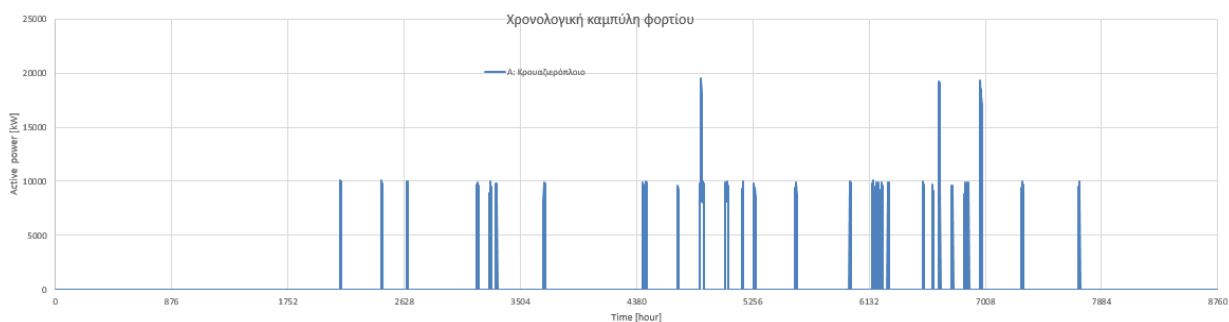


Figure 69 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου κρουαζιερόπλοιου.

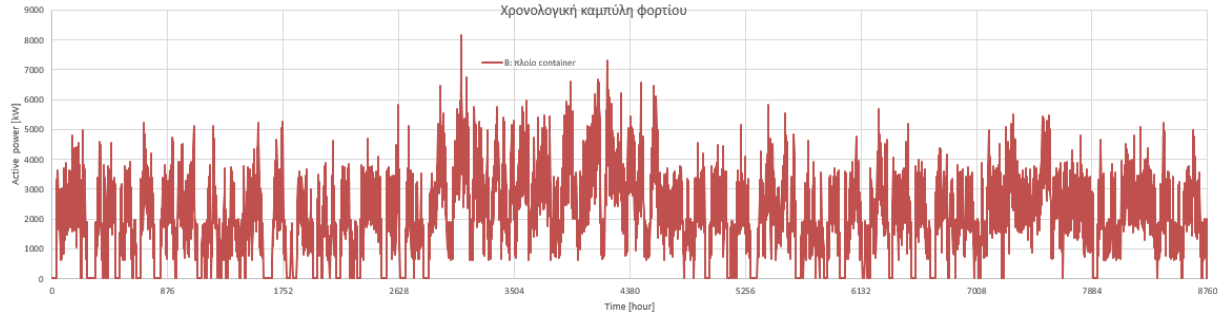


Figure 70 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου πλοίου container.

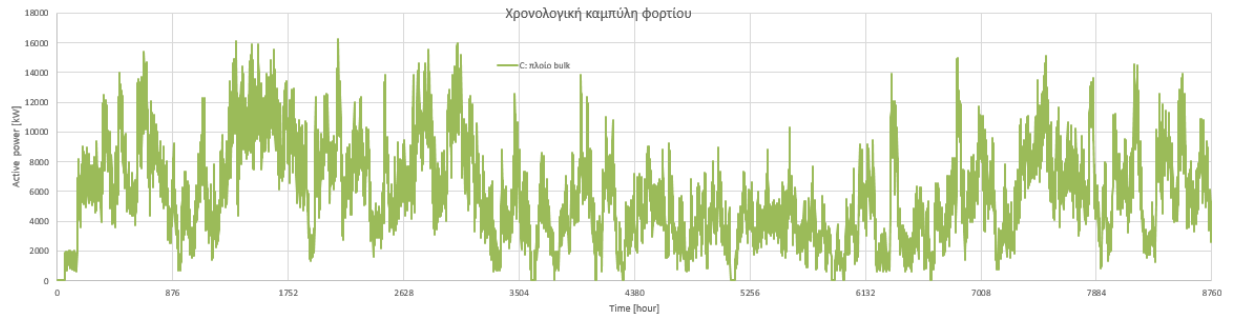


Figure 71 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου πλοίου bulk.

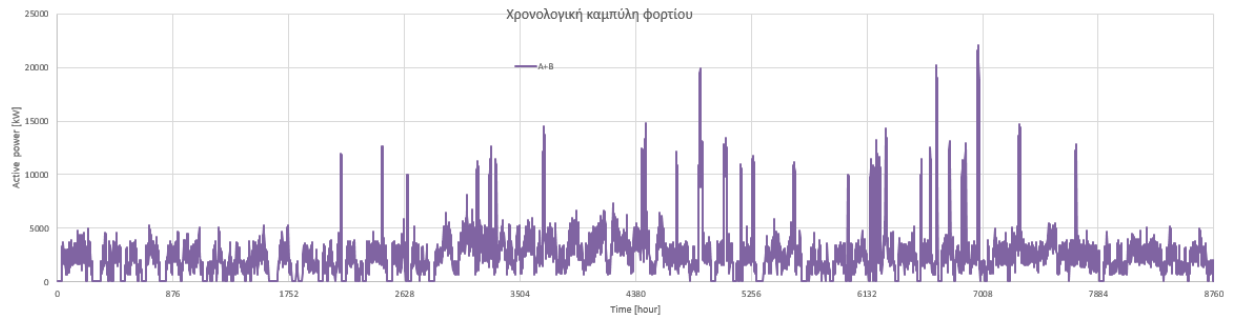


Figure 72 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου κρουαζιερόπλοιου και πλοίου container.

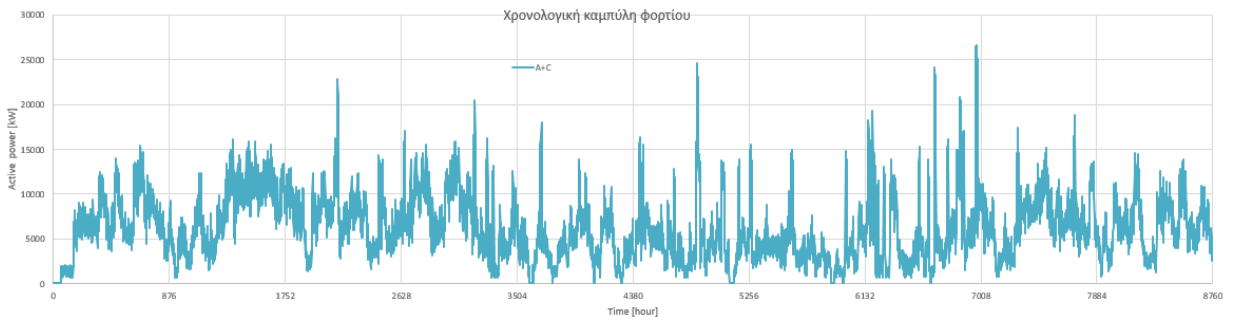


Figure 73 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου κρουαζιερόπλοιου και πλοίου bulk.

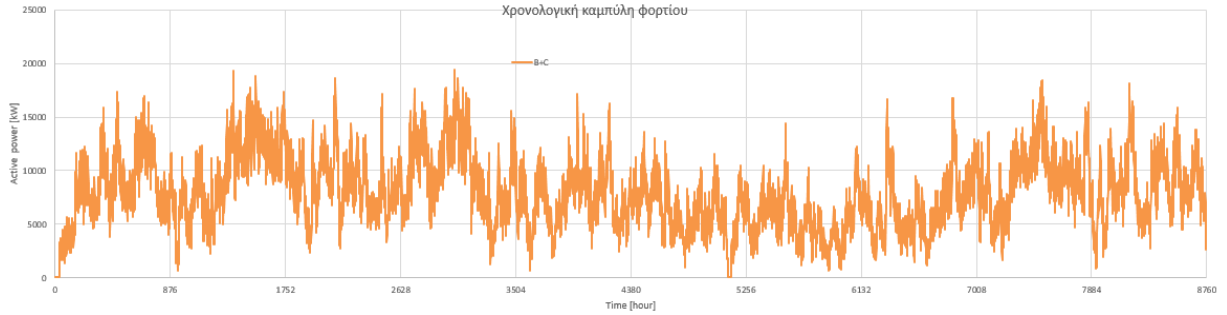


Figure 74 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου πλοίου container και bulk.

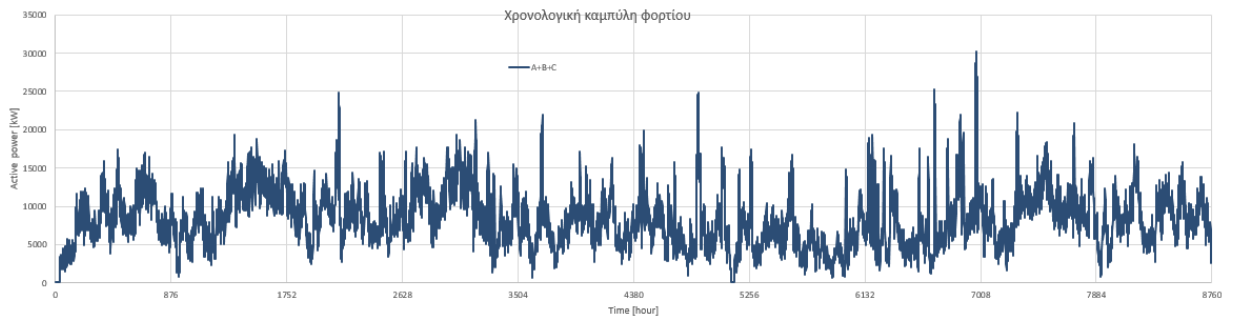


Figure 75 Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου κρουαζιερόπλοιου, πλοίου container και bulk.

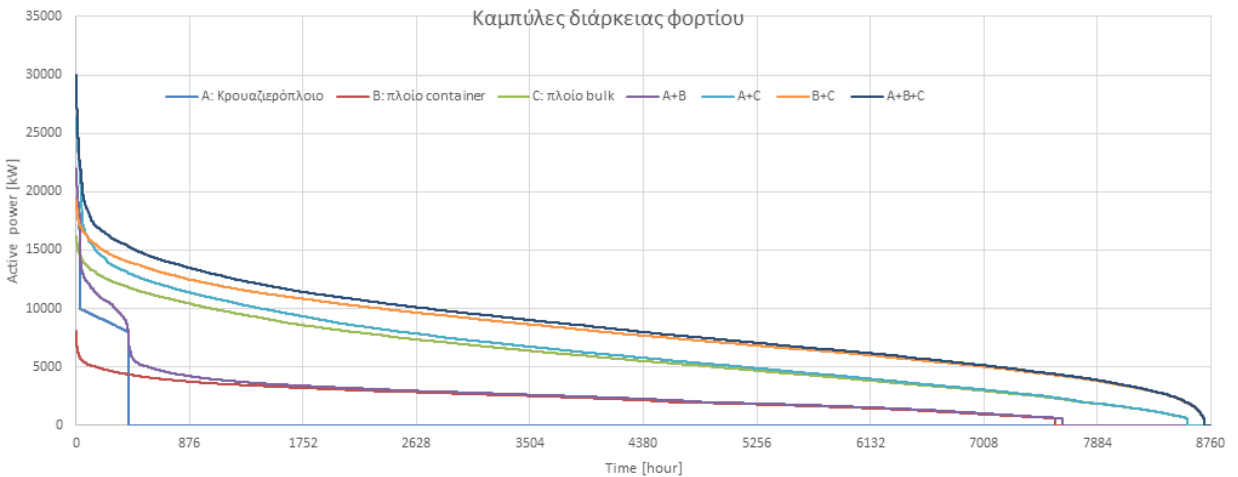


Figure 76 Καμπύλες διάρκειας φορτίου όλων των συνδυασμών πλοίων.

Σε περίπτωση διαφορετικού κόστους καυσίμου και συγκεκριμένα υψηλότερου, όπως μελετήθηκε και στην παράγραφο 6.3.2 τότε όλα τα σενάρια από 8 έως 28 εκτός εκείνων που αφορούν το φορτίο κρουαζιερόπλοιων ή το φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container είναι οικονομικά ωφέλιμα. Έτσι η εγκατάσταση του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, καθώς και ενός φωτοβολταϊκού πάρκου είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Στην περίπτωση χαμηλότερου κόστους κεφαλαίου του συστήματος αντλησιοταμίευσης μπορεί να γίνει οικονομικά συμφέρουσα και η αποθήκευση ενέργειας ανάλογα με το σενάριο, όπως φάνηκε και στην παράγραφο 6.3.1, όπου μελετήθηκε το σενάριο 23 με πλοία container για πλήρη κάλυψη αναγκών από το σύστημα ψυχρής εκκίνησης (CI- πάροχος & Φ/Β & σύστημα αποθήκευσης), για διαθέσιμη έκταση στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση του συστήματος αποθήκευσης.

7 Γενικά Συμπεράσματα και περιοχές για περαιτέρω έρευνα

7.1 Γενικά συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη βελτιστοποίησης συστήματος ψυχρής εκκίνησης μελετήθηκε αν είναι οικονομικά συμφέρουσα η εγκατάσταση συστήματος ψυχρής εκκίνησης, η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου και η εγκατάσταση συστήματος αντλησιοταμίευσης για τη βέλτιστη λύση αυτών υπό συγκεκριμένα σενάρια. Τα σενάρια αυτά αφορούν το φορτίο των ελλιμενισμένων κρουαζιερόπλοιων, πλοίων container και bulk, σε συγκεκριμένο λιμένα. Ακόμα, τα σενάρια αυτά έγιναν για το φορτίο όλων των δυνατών συνδυασμών πλοίων.

Αρχικά μελετήθηκε το ετήσιο κόστος των πλοίων στην περίπτωση που καλύπτουν τις ανάγκες φορτίου τους με τη χρήση ντιζελογεννητριών για όλους τους συνδυασμούς πλοίων. Στη συνέχεια μελετήθηκε το ετήσιο κόστος του λιμένα στην περίπτωση κάλυψης των αναγκών των πλοίων από τον πάροχο, μέσω της χρήσης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης και πάλι για όλους τους συνδυασμούς πλοίων και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με εκείνα της χρήσης ντιζελογεννητριών. Ακολούθως έγινε βελτιστοποίηση για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου (που θα καλύπτει μόνο το φορτίο – δεν θα είναι για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας) και εύρεση της βέλτιστης εγκατεστημένης ισχύος σε κάθε σενάριο και για διαφορετικές τιμές αγοράς αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση του πάρκου. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίθηκαν με εκείνα της χρήσης ντιζελογεννητριών. Τέλος, έγινε βελτιστοποίηση για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου και ταυτόχρονα συστήματος αποθήκευσης ενέργειας υπό μορφή αντλησιοταμίευσης και για διαφορετικές τιμές αγοράς αγροτεμαχίου (για την εγκατάσταση του πάρκου και του συστήματος αποθήκευσης), όπου και αυτά τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με εκείνα της χρήσης ντιζελογεννητριών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για τα συγκεκριμένα σενάρια με τα συγκεκριμένα δεδομένα, το συγκεκριμένο τιμολόγιο και τις συγκεκριμένες τιμές καυσίμου δεν είναι οικονομικά βιώσιμη μία τέτοια εγκατάσταση. Η χρήση φωτοβολταϊκών μπορεί να μειώσει σημαντικά το ετήσιο κόστος του λιμένα σε όλα τα σενάρια ανάλογα με την τιμή αγοράς αγροτεμαχίου, εκτός από τα σενάρια που αφορούν το φορτίο των κρουαζιερόπλοιων, όμως και πάλι το τελικό αποτέλεσμα είναι οικονομικά ασύμφορο. Η αποθήκευση ενέργειας υπό μορφή αντλησιοταμίευσης με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και τις συγκεκριμένες τιμές αγοράς αγροτεμαχίου δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα σε κανένα σενάριο.

Εάν το φορτίο του λιμένα ήταν διαφορετικό ή το κόστος εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης ήταν χαμηλότερο ή η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων από το φωτοβολταϊκό πάρκο χαμηλότερη ή το κόστος καυσίμου των ντιζελογεννητριών υψηλότερο, τότε τα σενάρια θα ήταν διαφορετικά και θα μπορούσε να μελετηθεί και πάλι αν αξίζει η εγκατάσταση συστήματος αποθήκευσης. Ένας παράγοντας από όλους αυτούς να αλλάξει μπορεί να γίνει οικονομικά βιώσιμη η εγκατάσταση του συστήματος αποθήκευσης, όπως φάνηκε και στην παράγραφο 6.3.1 όπου μειώθηκε το κόστος εγκατάστασης του συστήματος αποθήκευσης. Ενώ παράλληλα, στην περίπτωση υψηλότερου κόστους καυσίμου των ντιζελογεννητριών μπορούν να γίνουν οικονομικά βιώσιμα τα περισσότερα σενάρια όπως φάνηκε στην παράγραφο 6.3.2. Σε αυτή την περίπτωση με μία αύξηση του κόστους καυσίμου κατά 50% έγιναν οικονομικά βιώσιμα όλα τα αποτελέσματα των σεναρίων χρήσης του συστήματος ψυχρής εκκίνησης με ή χωρίς φωτοβολταϊκό πάρκο ή συστήματος αποθήκευσης, εκτός από εκείνα που αφορούσαν το φορτίο κρουαζιερόπλοιων και το φορτίο κρουαζιερόπλοιων και πλοίων container ταυτόχρονα.

Στην περίπτωση όπου δοθεί χρηματοδότηση θα είναι δυνατή η επένδυση για την εγκατάσταση του συστήματος ψυχρής εκκίνησης, του φωτοβολταϊκού πάρκου ή και του συστήματος αποθήκευσης, με σκοπό τον περιορισμό των ρύπων και την εξέλιξη του εκάστοτε λιμένα σε έναν πράσινο λιμένα.

Χρειάζεται απλά να γίνει βελτιστοποίηση για το δεδομένο φορτίο του λιμένα με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης του συστήματος.

Εκτός από την περίπτωση χρηματοδότησης, η επένδυση μπορεί να γίνει οικονομικά ωφέλιμη σε περίπτωση σύναψης μίας πιο οικονομικά συμφέρουσας διμερούς συμφωνίας μεταξύ του λιμένα και του παρόχου, σε σχέση με τις τιμές τιμολογίων που χρησιμοποιήθηκαν.

Ακόμα, για την πραγματοποίηση των σεναρίων όπου γίνεται χρήση φωτοβολταϊκού πάρκου θα χρειαστεί να ζητηθεί να γίνει μία εξαίρεση για το λιμένα σχετικά με το άνω αποδεκτό όριο ισχύος του 1MW, που αφορά αυτοπαραγωγούς με ενεργειακό συμψηφισμό σε εγκαταστάσεις χρηστών του δικτύου μέσης τάσης. Έτσι θα μπορέσει να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη λύση που είναι ανάλογη του κάθε σεναρίου. Η εξαίρεση αυτή θα ζητηθεί με σκοπό τη μετατροπή του λιμένα σε πράσινο λιμένα και την αποφυγή των ρύπων των ντιζελογεννητριών με απώτερο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και την υγεία των κατοίκων γειτονικών περιοχών του λιμένα.

Τέλος, εδώ υπενθυμίζεται ότι στους υπολογισμούς για τη χρήση του φωτοβολταϊκού πάρκου δεν γίνεται ενεργειακός συμψηφισμός με τη μορφή του net metering, αλλά σε περίπτωση που υπάρχει ωριαία πλεονάζουσα ενέργεια αυτή χάνεται, που είναι το δυσμενέστερο σενάριο.

7.2 Περιοχές για περαιτέρω έρευνα

Κάποια πιθανά σενάρια για περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να είναι η διερεύνηση χρήσης διαφορετικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι οι ανεμογεννήτριες καθώς και η εύρεση της περιοχής στην οποία θα μπορούσε να εγκατασταθεί το αιολικό πάρκο.

Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί διερεύνηση χρήσης διαφορετικών ειδών αποθήκευσης ενέργειας, όπως συσσωρευτών ιόντων λιθίου, οξειδίων του βανναδίου, μολύβδου, συμπιεστών αέρα, δεξαμενής υδρογόνου, από τεχνικο-οικονομικής σκοπιάς.

Διερεύνηση μεταβατικής συμπεριφοράς συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας στην περίπτωση ψυχρής εκκίνησης με χρήση ΑΠΕ και συστήματος αποθήκευσης ενέργειας, καθώς μπορεί να ανέβει σημαντικά η στάθμη βραχυκύκλωσης ή να απαιτηθούν συστήματα αυτομάτου ελέγχου με ιδιαίτερη ανταπόκριση .

Τέλος θα μπορούσε να γίνει διαστασιολόγηση / βέλτιστη σχεδίαση του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του λιμένα με το σύστημα ψυχρής εκκίνησης συμπεριλαμβανομένων και των διατάξεων προστασίας, των μετατροπέων σύνδεσης πλοίου – ξηράς ,των διαφορετικών ειδών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας πλοίου και ξηράς.

Μελέτες συστήματος ψυχρής εκκίνησης θα μπορούσαν να γίνουν σε περισσότερα λιμάνια καθώς και εύρεση της βέλτιστης επένδυσης για το κάθε ένα, με σκοπό την μετατροπή ολοένα και περισσότερων λιμένων σε πράσινους.

8 Παραρτήματα

8.1 Δεδομένα πλοίων

8.1.1 Κρουαζιερόπλοια

Table 101 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα κρουαζιερόπλοια έτος 2015.

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
19/5/2015 7:40	19/5/2015 15:50	19/5/2015 15:50	8:10:00
18/10/2015 6:50	18/10/2015 19:00	18/10/2015 19:00	12:10:00
18/10/2015 7:35	18/10/2015 21:20	18/10/2015 22:00	13:45:00
22/7/2015 14:50	23/7/2015 13:00	23/7/2015 13:20	22:10:00
31/3/2015 7:50	31/3/2015 16:15	31/3/2015 17:00	8:25:00
17/5/2015 7:30	17/5/2015 19:00	17/5/2015 19:00	11:30:00
14/10/2015 7:30	14/10/2015 19:00	14/10/2015 19:20	11:30:00
30/9/2015 7:00	30/9/2015 18:00	30/9/2015 18:20	11:00:00
3/10/2015 7:30	3/10/2015 16:45	3/10/2015 17:20	9:15:00
19/9/2015 6:30	19/9/2015 19:40	19/9/2015 20:15	13:10:00
31/10/2015 7:30	31/10/2015 22:35	31/10/2015 23:55	15:05:00
4/8/2015 13:55	4/8/2015 23:30	4/8/2015 23:30	9:35:00
13/4/2015 7:30	13/4/2015 16:30	13/4/2015 16:50	9:00:00
4/7/2015 6:20	4/7/2015 19:45	4/7/2015 20:05	13:25:00
30/7/2015 8:45	31/7/2015 6:05	31/7/2015 6:30	21:20:00
22/7/2015 7:00	22/7/2015 19:00	22/7/2015 19:20	12:00:00
21/8/2015 7:00	21/8/2015 18:45	21/8/2015 19:00	11:45:00
9/10/2015 7:00	9/10/2015 19:00	9/10/2015 19:15	12:00:00
13/5/2015 6:10	13/5/2015 19:00	13/5/2015 19:00	12:50:00
8/8/2015 6:10	8/8/2015 18:50	8/8/2015 18:50	12:40:00
7/9/2015 7:00	7/9/2015 19:20	7/9/2015 19:45	12:20:00
3/6/2015 7:00	3/6/2015 16:50	3/6/2015 17:18	9:50:00
15/7/2015 7:00	15/7/2015 17:00	15/7/2015 17:18	10:00:00
16/9/2015 7:00	16/9/2015 16:30	16/9/2015 17:18	9:30:00
21/4/2015 7:00	21/4/2015 16:45	21/4/2015 17:05	9:45:00
17/9/2015 7:15	17/9/2015 17:00	17/9/2015 17:00	9:45:00
5/10/2015 7:40	5/10/2015 19:00	5/10/2015 19:00	11:20:00
14/9/2015 9:00	14/9/2015 22:00	14/9/2015 22:30	13:00:00
13/10/2015 9:00	13/10/2015 18:30	13/10/2015 19:00	9:30:00
15/9/2015 9:00	15/9/2015 22:30	15/9/2015 23:15	13:30:00
5/7/2015 6:05	5/7/2015 16:25	5/7/2015 17:00	10:20:00
5/10/2015 6:45	5/10/2015 14:50	5/10/2015 15:18	8:05:00
18/11/2015 7:00	18/11/2015 15:30	18/11/2015 15:50	8:30:00

8.1.2 Πλοία container

Table 102 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 1^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
2/1/2015 7:20	4/1/2015 6:15	4/1/2015 6:40	46:55:00
2/1/2015 8:10	2/1/2015 19:45	2/1/2015 20:24	11:35
2/1/2015 20:25	3/1/2015 10:50	3/1/2015 12:00	14:25
4/1/2015 1:40	6/1/2015 11:30	6/1/2015 12:15	57:50:00
4/1/2015 15:15	7/1/2015 7:50	7/1/2015 8:30	64:35:00
6/1/2015 12:15	7/1/2015 20:00	7/1/2015 20:36	31:45:00
7/1/2015 8:30	7/1/2015 22:45	7/1/2015 23:15	14:15
7/1/2015 20:35	8/1/2015 12:45	8/1/2015 13:30	16:10
7/1/2015 23:25	8/1/2015 14:30	8/1/2015 15:00	15:05
8/1/2015 13:40	9/1/2015 11:30	9/1/2015 11:50	21:50
8/1/2015 18:00	9/1/2015 6:20	9/1/2015 6:50	12:20
9/1/2015 7:00	9/1/2015 18:30	9/1/2015 18:50	11:30
9/1/2015 12:00	9/1/2015 21:30	9/1/2015 21:50	9:30
10/1/2015 6:30	11/1/2015 6:55	11/1/2015 6:55	24:25:00
10/1/2015 6:40	10/1/2015 18:40	10/1/2015 19:00	12:00
10/1/2015 13:25	11/1/2015 11:00	11/1/2015 11:25	21:35
11/1/2015 7:15	11/1/2015 19:45	11/1/2015 20:30	12:30
14/1/2015 13:30	15/1/2015 6:10	15/1/2015 6:30	16:40
15/1/2015 6:40	16/1/2015 8:20	16/1/2015 9:00	25:40:00
15/1/2015 9:20	15/1/2015 20:00	15/1/2015 20:30	10:40
15/1/2015 20:40	16/1/2015 11:00	16/1/2015 11:30	14:20
16/1/2015 8:15	16/1/2015 22:30	16/1/2015 23:15	14:15
17/1/2015 6:25	17/1/2015 20:30	17/1/2015 21:00	14:05
17/1/2015 7:00	17/1/2015 23:50	17/1/2015 23:50	16:50
18/1/2015 13:15	19/1/2015 23:15	19/1/2015 23:35	34:00:00
18/1/2015 14:00	19/1/2015 16:15	19/1/2015 16:45	26:15:00
19/1/2015 16:50	20/1/2015 20:45	20/1/2015 21:15	27:55:00
19/1/2015 23:45	20/1/2015 21:10	20/1/2015 21:35	21:25
22/1/2015 8:30	22/1/2015 22:00	22/1/2015 22:20	13:30
22/1/2015 16:00	23/1/2015 21:00	23/1/2015 21:25	29:00:00
23/1/2015 21:30	24/1/2015 15:20	24/1/2015 15:50	17:50
24/1/2015 1:50	24/1/2015 20:00	24/1/2015 21:00	18:10
24/1/2015 16:30	25/1/2015 15:00	25/1/2015 15:35	22:30
24/1/2015 21:00	25/1/2015 19:35	25/1/2015 19:35	22:35
25/1/2015 15:40	26/1/2015 8:50	26/1/2015 9:40	17:10
26/1/2015 12:50	27/1/2015 12:10	27/1/2015 12:30	23:20
28/1/2015 21:10	29/1/2015 13:35	29/1/2015 14:10	16:25
29/1/2015 0:10	29/1/2015 22:20	29/1/2015 22:45	22:10
29/1/2015 14:20	30/1/2015 12:45	30/1/2015 13:30	22:25
29/1/2015 22:50	30/1/2015 19:00	30/1/2015 19:30	20:10
29/1/2015 23:20	31/1/2015 12:00	31/1/2015 12:30	36:40:00
30/1/2015 19:40	31/1/2015 23:30	31/1/2015 23:55	27:50:00
31/1/2015 12:40	1/2/2015 6:20	1/2/2015 6:40	17:40
1/2/2015 0:10	2/2/2015 2:10	2/2/2015 2:40	26:00:00
1/2/2015 6:50	1/2/2015 20:30	1/2/2015 20:30	13:40
4/2/2015 6:45	4/2/2015 18:45	4/2/2015 19:10	12:00
4/2/2015 16:20	6/2/2015 0:01	6/2/2015 0:30	31:41:00
4/2/2015 20:15	5/2/2015 17:00	5/2/2015 17:30	20:45
6/2/2015 0:35	7/2/2015 7:45	7/2/2015 8:30	31:10:00
6/2/2015 6:20	8/2/2015 5:45	8/2/2015 5:45	47:25:00

Table 103 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 2^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
7/2/2015 8:35	8/2/2015 1:55	8/2/2015 2:20	17:20
8/2/2015 0:15	8/2/2015 16:45	8/2/2015 17:20	16:30
9/2/2015 8:00	10/2/2015 22:25	10/2/2015 22:25	38:25:00
9/2/2015 18:20	11/2/2015 6:40	11/2/2015 7:10	36:20:00
10/2/2015 22:45	11/2/2015 12:00	11/2/2015 12:30	13:15
11/2/2015 7:20	11/2/2015 20:10	11/2/2015 20:40	12:50
11/2/2015 21:30	12/2/2015 11:30	12/2/2015 12:00	14:00
12/2/2015 6:45	12/2/2015 18:15	12/2/2015 18:45	11:30
12/2/2015 15:30	13/2/2015 6:45	13/2/2015 7:25	15:15
13/2/2015 7:50	13/2/2015 17:45	13/2/2015 18:15	9:55
13/2/2015 8:00	14/2/2015 23:10	14/2/2015 23:12	39:10:00
13/2/2015 21:15	14/2/2015 23:35	14/2/2015 23:36	26:20:00
14/2/2015 15:45	15/2/2015 6:50	15/2/2015 7:20	15:05
15/2/2015 7:30	15/2/2015 19:30	15/2/2015 20:10	12:00
17/2/2015 7:15	18/2/2015 0:05	18/2/2015 0:40	16:50
18/2/2015 6:40	18/2/2015 14:45	18/2/2015 15:10	8:05
18/2/2015 20:15	19/2/2015 22:45	19/2/2015 23:20	26:30:00
19/2/2015 8:15	20/2/2015 6:30	20/2/2015 7:00	22:15
20/2/2015 9:45	21/2/2015 23:00	21/2/2015 23:00	37:15:00
20/2/2015 17:05	21/2/2015 7:10	21/2/2015 7:48	14:05
20/2/2015 18:10	21/2/2015 23:25	21/2/2015 23:55	29:15:00
22/2/2015 6:20	22/2/2015 21:50	22/2/2015 22:15	15:30
23/2/2015 13:30	24/2/2015 21:20	24/2/2015 21:50	31:50:00
24/2/2015 7:20	24/2/2015 15:45	24/2/2015 16:15	8:25
25/2/2015 14:45	26/2/2015 13:45	26/2/2015 14:18	23:00
26/2/2015 8:05	27/2/2015 15:00	27/2/2015 15:30	30:55:00
26/2/2015 22:30	1/3/2015 0:10	1/3/2015 0:15	49:40:00
1/3/2015 15:00	2/3/2015 15:55	2/3/2015 16:15	24:55:00
2/3/2015 7:15	2/3/2015 17:30	2/3/2015 18:00	10:15
3/3/2015 7:00	4/3/2015 1:53	4/3/2015 2:20	18:53
3/3/2015 8:40	4/3/2015 23:00	4/3/2015 23:30	38:20:00
4/3/2015 8:10	5/3/2015 0:45	5/3/2015 1:15	16:35
5/3/2015 1:30	6/3/2015 7:05	6/3/2015 7:50	29:35:00
5/3/2015 8:15	5/3/2015 17:35	5/3/2015 18:05	9:20
5/3/2015 18:10	7/3/2015 7:00	7/3/2015 7:45	36:50:00
6/3/2015 8:00	7/3/2015 22:20	7/3/2015 22:20	38:20:00
6/3/2015 18:00	7/3/2015 11:30	7/3/2015 12:00	17:30
7/3/2015 19:10	8/3/2015 13:30	8/3/2015 14:00	18:20
11/3/2015 13:30	12/3/2015 14:15	12/3/2015 14:40	24:45:00
11/3/2015 23:25	12/3/2015 22:10	12/3/2015 22:25	22:45
12/3/2015 14:45	14/3/2015 1:00	14/3/2015 1:40	34:15:00
12/3/2015 22:35	14/3/2015 13:35	14/3/2015 13:50	39:00:00
14/3/2015 1:45	14/3/2015 22:45	15/3/2015 0:36	21:00
14/3/2015 10:15	15/3/2015 2:15	15/3/2015 3:15	16:00
14/3/2015 13:55	15/3/2015 6:15	15/3/2015 6:40	16:20
15/3/2015 6:45	15/3/2015 22:45	15/3/2015 23:25	16:00
17/3/2015 6:25	17/3/2015 21:45	17/3/2015 22:30	15:20
19/3/2015 6:30	20/3/2015 8:20	20/3/2015 8:50	25:50:00
19/3/2015 9:30	19/3/2015 22:30	19/3/2015 23:00	13:00
19/3/2015 23:10	20/3/2015 21:45	20/3/2015 22:15	22:35

Table 104 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 3^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
20/3/2015 8:55	21/3/2015 22:00	21/3/2015 22:30	37:05:00
21/3/2015 17:05	22/3/2015 11:00	22/3/2015 11:20	17:55
21/3/2015 22:40	23/3/2015 2:30	23/3/2015 3:30	27:50:00
23/3/2015 3:10	23/3/2015 18:45	23/3/2015 23:00	15:35
23/3/2015 13:10	24/3/2015 8:10	24/3/2015 8:40	19:00
25/3/2015 20:30	26/3/2015 6:10	26/3/2015 6:40	9:40
25/3/2015 21:45	26/3/2015 22:00	26/3/2015 22:30	24:15:00
27/3/2015 7:30	28/3/2015 13:35	28/3/2015 14:00	30:05:00
27/3/2015 13:35	28/3/2015 13:00	28/3/2015 13:30	23:25
28/3/2015 14:10	29/3/2015 11:30	29/3/2015 12:00	21:20
29/3/2015 21:00	30/3/2015 18:55	30/3/2015 19:15	21:55
30/3/2015 6:50	31/3/2015 1:00	31/3/2015 1:00	18:10
30/3/2015 16:40	31/3/2015 17:30	31/3/2015 17:55	24:50:00
1/4/2015 22:15	3/4/2015 8:55	3/4/2015 9:25	34:40:00
2/4/2015 11:20	3/4/2015 8:20	3/4/2015 8:50	21:00
3/4/2015 9:40	4/4/2015 23:15	4/4/2015 23:45	37:35:00
3/4/2015 10:30	4/4/2015 19:40	4/4/2015 20:20	33:10:00
5/4/2015 7:00	5/4/2015 15:00	5/4/2015 15:30	8:00
6/4/2015 10:20	7/4/2015 7:30	7/4/2015 7:36	21:10
8/4/2015 6:25	8/4/2015 18:15	8/4/2015 18:47	11:50
8/4/2015 13:00	9/4/2015 0:40	9/4/2015 1:15	11:40
8/4/2015 19:00	9/4/2015 6:20	9/4/2015 7:10	11:20
9/4/2015 6:45	10/4/2015 15:10	10/4/2015 15:50	32:25:00
9/4/2015 9:00	10/4/2015 14:10	10/4/2015 14:35	29:10:00
10/4/2015 14:40	11/4/2015 11:30	11/4/2015 11:50	20:50
10/4/2015 16:00	14/4/2015 2:00	14/4/2015 2:40	82:00:00
11/4/2015 12:00	14/4/2015 4:30	14/4/2015 4:30	64:30:00
14/4/2015 2:45	14/4/2015 15:15	14/4/2015 15:37	12:30
14/4/2015 6:55	14/4/2015 22:45	14/4/2015 23:25	15:50
16/4/2015 13:00	17/4/2015 23:15	17/4/2015 23:55	34:15:00
16/4/2015 13:50	17/4/2015 6:30	17/4/2015 7:00	16:40
17/4/2015 7:15	18/4/2015 9:30	18/4/2015 10:15	26:15:00
18/4/2015 0:05	18/4/2015 15:30	18/4/2015 16:00	15:25
18/4/2015 16:05	20/4/2015 5:50	20/4/2015 5:50	37:45:00
18/4/2015 20:10	19/4/2015 8:30	19/4/2015 8:50	12:20
19/4/2015 17:00	20/4/2015 17:30	20/4/2015 18:00	24:30:00
19/4/2015 17:45	20/4/2015 13:45	20/4/2015 14:10	20:00
22/4/2015 14:10	23/4/2015 13:40	23/4/2015 14:15	23:30
22/4/2015 21:10	24/4/2015 19:00	24/4/2015 19:30	45:50:00
23/4/2015 14:25	24/4/2015 9:00	24/4/2015 9:30	18:35
24/4/2015 15:10	25/4/2015 6:15	25/4/2015 6:35	15:05
25/4/2015 8:35	26/4/2015 1:20	26/4/2015 1:50	16:45
25/4/2015 23:00	26/4/2015 9:45	26/4/2015 10:15	10:45
26/4/2015 6:20	27/4/2015 16:00	27/4/2015 16:30	33:40:00
27/4/2015 10:40	28/4/2015 6:20	28/4/2015 6:50	19:40
29/4/2015 22:40	1/5/2015 2:35	1/5/2015 3:45	27:55:00
30/4/2015 8:20	3/5/2015 6:20	3/5/2015 6:50	70:00:00
1/5/2015 3:50	2/5/2015 19:05	2/5/2015 19:35	39:15:00
2/5/2015 14:00	14/7/2015 12:00	14/7/2015 12:20	1750:00:00
2/5/2015 19:40	3/5/2015 13:00	3/5/2015 13:30	17:20

Table 105 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 4^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
3/5/2015 7:00	3/5/2015 23:30	3/5/2015 23:55	16:30
3/5/2015 7:45	3/5/2015 19:10	3/5/2015 19:30	11:25
3/5/2015 13:35	4/5/2015 6:35	4/5/2015 7:00	17:00
4/5/2015 0:01	5/5/2015 6:45	5/5/2015 7:15	30:44:00
4/5/2015 9:00	5/5/2015 17:05	5/5/2015 17:35	32:05:00
7/5/2015 16:10	9/5/2015 13:25	9/5/2015 13:55	45:15:00
8/5/2015 7:10	9/5/2015 14:00	9/5/2015 14:45	30:50:00
9/5/2015 14:55	10/5/2015 8:00	10/5/2015 8:30	17:05
9/5/2015 15:25	9/5/2015 23:35	9/5/2015 23:55	8:10
10/5/2015 0:01	10/5/2015 19:00	10/5/2015 19:30	18:59
10/5/2015 0:30	10/5/2015 21:00	10/5/2015 21:40	20:30
10/5/2015 7:55	12/5/2015 18:00	12/5/2015 19:10	58:05:00
10/5/2015 21:45	11/5/2015 19:15	11/5/2015 19:35	21:30
11/5/2015 19:40	12/5/2015 14:10	12/5/2015 14:30	18:30
13/5/2015 21:00	15/5/2015 0:10	15/5/2015 0:45	27:10:00
14/5/2015 7:00	14/5/2015 21:40	14/5/2015 22:10	14:40
14/5/2015 22:20	16/5/2015 1:00	16/5/2015 2:35	26:40:00
15/5/2015 20:00	17/5/2015 2:50	17/5/2015 2:50	30:50:00
16/5/2015 7:50	16/5/2015 20:00	16/5/2015 20:30	12:10
17/5/2015 16:40	18/5/2015 13:30	18/5/2015 14:00	20:50
18/5/2015 6:15	18/5/2015 19:35	18/5/2015 20:00	13:20
19/5/2015 19:45	21/5/2015 7:10	21/5/2015 7:40	35:25:00
20/5/2015 14:05	22/5/2015 0:30	22/5/2015 1:00	34:25:00
21/5/2015 7:30	22/5/2015 15:45	22/5/2015 16:30	32:15:00
23/5/2015 6:25	23/5/2015 19:30	23/5/2015 20:10	13:05
23/5/2015 7:25	23/5/2015 20:15	23/5/2015 20:35	12:50
23/5/2015 20:40	24/5/2015 12:30	24/5/2015 13:00	15:50
25/5/2015 15:15	26/5/2015 17:55	26/5/2015 18:30	26:40:00
25/5/2015 20:00	26/5/2015 20:30	26/5/2015 21:00	24:30:00
26/5/2015 18:35	27/5/2015 6:10	27/5/2015 6:36	11:35
27/5/2015 21:35	29/5/2015 19:00	29/5/2015 19:30	45:25:00
28/5/2015 8:50	29/5/2015 23:30	29/5/2015 23:59	38:40:00
29/5/2015 19:40	30/5/2015 13:40	30/5/2015 14:15	18:00
30/5/2015 0:10	30/5/2015 16:30	30/5/2015 17:00	16:20
30/5/2015 17:05	31/5/2015 7:20	31/5/2015 7:35	14:15
30/5/2015 21:50	31/5/2015 11:50	31/5/2015 12:40	14:00
1/6/2015 7:00	2/6/2015 6:55	2/6/2015 7:25	23:55
2/6/2015 7:30	3/6/2015 11:30	3/6/2015 11:50	28:00:00
3/6/2015 7:40	3/6/2015 22:45	3/6/2015 23:05	15:05
3/6/2015 12:00	4/6/2015 3:05	4/6/2015 3:38	15:05
3/6/2015 23:15	5/6/2015 8:45	5/6/2015 9:15	33:30:00
4/6/2015 8:00	5/6/2015 16:25	5/6/2015 17:00	32:25:00
5/6/2015 10:50	6/6/2015 0:45	6/6/2015 1:15	13:55
5/6/2015 17:05	6/6/2015 6:10	6/6/2015 7:00	13:05
6/6/2015 1:25	7/6/2015 8:15	7/6/2015 8:30	30:50:00
6/6/2015 18:45	7/6/2015 11:00	11/6/2015 11:20	16:15
8/6/2015 7:05	8/6/2015 18:10	8/6/2015 18:40	11:05
9/6/2015 6:15	9/6/2015 19:15	9/6/2015 19:45	13:00
10/6/2015 21:00	12/6/2015 2:45	12/6/2015 3:30	29:45:00
11/6/2015 9:00	12/6/2015 22:45	12/6/2015 23:10	37:45:00

Table 106 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 5^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
12/6/2015 3:35	12/6/2015 12:20	12/6/2015 12:40	8:45
12/6/2015 12:45	13/6/2015 11:45	13/6/2015 12:30	23:00
12/6/2015 23:20	14/6/2015 4:45	14/6/2015 4:45	29:25:00
13/6/2015 8:45	13/6/2015 19:15	13/6/2015 20:00	10:30
13/6/2015 12:40	14/6/2015 11:25	14/6/2015 11:41	22:45
14/6/2015 6:10	14/6/2015 20:50	14/6/2015 21:20	14:40
14/6/2015 22:00	15/6/2015 17:10	15/6/2015 17:40	19:10
16/6/2015 20:00	17/6/2015 6:15	17/6/2015 7:30	10:15
17/6/2015 8:30	17/6/2015 21:40	17/6/2015 22:56	13:10
17/6/2015 20:50	19/6/2015 0:50	19/6/2015 1:25	28:00:00
18/6/2015 14:10	19/6/2015 18:15	19/6/2015 18:45	28:05:00
19/6/2015 18:50	21/6/2015 6:30	21/6/2015 7:00	35:40:00
19/6/2015 19:00	20/6/2015 12:45	20/6/2015 12:54	17:45
20/6/2015 13:05	21/6/2015 6:40	21/6/2015 7:20	17:35
21/6/2015 7:10	22/6/2015 23:45	23/6/2015 0:30	40:35:00
21/6/2015 7:55	22/6/2015 7:30	22/6/2015 7:50	23:35
22/6/2015 0:30	22/6/2015 17:05	22/6/2015 17:35	16:35
22/6/2015 13:30	22/6/2015 22:00	22/6/2015 22:00	8:30
22/6/2015 17:45	23/6/2015 6:20	23/6/2015 6:50	12:35
24/6/2015 14:15	26/6/2015 18:15	26/6/2015 19:00	52:00:00
24/6/2015 21:00	25/6/2015 23:10	25/6/2015 23:40	26:10:00
25/6/2015 6:25	26/6/2015 18:45	26/6/2015 19:30	36:20:00
26/6/2015 19:15	28/6/2015 0:00	28/6/2015 1:00	28:45:00
26/6/2015 20:00	27/6/2015 14:20	27/6/2015 14:45	18:20
27/6/2015 22:10	28/6/2015 20:00	28/6/2015 20:30	21:50
28/6/2015 1:05	29/6/2015 15:30	29/6/2015 16:00	38:25:00
28/6/2015 20:40	29/6/2015 18:40	29/6/2015 18:40	22:00
29/6/2015 16:05	30/6/2015 6:30	30/6/2015 7:00	14:25
30/6/2015 8:45	30/6/2015 21:00	30/6/2015 21:30	12:15
1/7/2015 16:15	2/7/2015 21:15	2/7/2015 22:10	29:00:00
1/7/2015 20:55	4/7/2015 1:00	4/7/2015 1:30	52:05:00
2/7/2015 22:15	3/7/2015 15:10	3/7/2015 16:00	16:55
3/7/2015 15:45	4/7/2015 6:50	4/7/2015 7:20	15:05
4/7/2015 17:25	5/7/2015 17:45	5/7/2015 18:15	24:20:00
5/7/2015 7:00	5/7/2015 21:15	5/7/2015 21:45	14:15
5/7/2015 18:45	6/7/2015 7:35	6/7/2015 7:35	12:50
5/7/2015 21:50	6/7/2015 18:30	6/7/2015 18:50	20:40
6/7/2015 6:30	6/7/2015 21:00	6/7/2015 21:40	14:30
8/7/2015 21:00	10/7/2015 0:05	10/7/2015 0:30	27:05:00
9/7/2015 7:15	11/7/2015 6:20	11/7/2015 6:50	47:05:00
10/7/2015 0:45	10/7/2015 19:00	10/7/2015 19:30	18:15
10/7/2015 19:35	11/7/2015 16:15	11/7/2015 16:45	20:40
11/7/2015 15:35	12/7/2015 8:15	12/7/2015 8:15	16:40
12/7/2015 11:20	13/7/2015 0:01	13/7/2015 0:20	12:41
13/7/2015 7:10	14/7/2015 19:25	14/7/2015 19:50	36:15:00
14/7/2015 15:05	15/7/2015 6:20	15/7/2015 6:45	15:15
14/7/2015 23:10	15/7/2015 16:00	15/7/2015 16:30	16:50
15/7/2015 16:45	16/7/2015 14:45	16/7/2015 15:25	22:00
15/7/2015 21:00	17/7/2015 18:35	17/7/2015 19:05	45:35:00
16/7/2015 15:30	17/7/2015 13:10	17/7/2015 14:00	21:40
17/7/2015 13:40	19/7/2015 10:10	19/7/2015 10:10	44:30:00

Table 107 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 6^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
17/7/2015 20:00	19/7/2015 0:40	19/7/2015 0:40	28:40:00
19/7/2015 15:05	20/7/2015 7:00	20/7/2015 7:20	15:55
20/7/2015 8:00	20/7/2015 21:30	20/7/2015 22:00	13:30
20/7/2015 14:00	21/7/2015 21:20	21/7/2015 21:50	31:20:00
21/7/2015 23:00	22/7/2015 12:20	22/7/2015 12:35	13:20
22/7/2015 19:30	24/7/2015 6:10	24/7/2015 6:45	34:40:00
23/7/2015 2:00	23/7/2015 20:40	23/7/2015 21:10	18:40
23/7/2015 21:15	25/7/2015 12:30	25/7/2015 13:10	39:15:00
24/7/2015 7:15	25/7/2015 6:10	25/7/2015 6:50	22:55
25/7/2015 7:15	26/7/2015 2:00	26/7/2015 2:00	18:45
25/7/2015 13:10	26/7/2015 6:15	26/7/2015 6:30	17:05
27/7/2015 17:20	28/7/2015 19:15	28/7/2015 20:00	25:55:00
28/7/2015 7:00	28/7/2015 20:15	28/7/2015 20:40	13:15
28/7/2015 19:45	30/7/2015 0:10	30/7/2015 0:35	28:25:00
28/7/2015 20:45	29/7/2015 14:20	29/7/2015 15:00	17:35
29/7/2015 15:10	30/7/2015 7:30	30/7/2015 8:00	16:20
30/7/2015 0:45	31/7/2015 21:20	31/7/2015 21:50	44:35:00
30/7/2015 8:05	31/7/2015 20:45	31/7/2015 21:15	36:40:00
31/7/2015 21:55	1/8/2015 13:30	1/8/2015 14:00	15:35
1/8/2015 7:45	2/8/2015 1:40	2/8/2015 1:40	17:55
1/8/2015 14:05	2/8/2015 6:35	2/8/2015 7:10	16:30
3/8/2015 7:30	4/8/2015 0:05	4/8/2015 0:40	16:35
4/8/2015 7:10	4/8/2015 19:35	4/8/2015 20:05	12:25
5/8/2015 6:15	5/8/2015 23:00	5/8/2015 23:30	16:45
5/8/2015 6:40	5/8/2015 22:20	5/8/2015 22:55	15:40
5/8/2015 23:35	6/8/2015 16:15	6/8/2015 17:10	16:40
6/8/2015 0:05	6/8/2015 12:00	6/8/2015 12:30	11:55
6/8/2015 12:35	7/8/2015 21:45	7/8/2015 22:20	33:10:00
6/8/2015 16:50	8/8/2015 6:45	8/8/2015 7:20	37:55:00
7/8/2015 22:25	8/8/2015 18:50	8/8/2015 19:35	20:25
8/8/2015 8:20	8/8/2015 23:00	8/8/2015 23:06	14:40
8/8/2015 19:35	9/8/2015 15:00	9/8/2015 15:20	19:25
11/8/2015 17:40	12/8/2015 6:25	12/8/2015 7:00	12:45
12/8/2015 7:00	12/8/2015 19:50	12/8/2015 21:06	12:50
12/8/2015 8:30	13/8/2015 12:00	13/8/2015 12:30	27:30:00
12/8/2015 20:25	13/8/2015 13:30	13/8/2015 14:00	17:05
13/8/2015 14:10	14/8/2015 23:20	15/8/2015 0:20	33:10:00
14/8/2015 7:00	15/8/2015 6:30	15/8/2015 7:00	23:30
15/8/2015 0:45	23/8/2015 22:50	23/8/2015 22:50	214:05:00
15/8/2015 7:05	15/8/2015 23:00	15/8/2015 23:30	15:55
15/8/2015 7:40	15/8/2015 20:10	15/8/2015 20:30	12:30
16/8/2015 6:20	16/8/2015 16:00	16/8/2015 16:00	9:40
16/8/2015 12:35	17/8/2015 10:30	17/8/2015 11:15	21:55
17/8/2015 22:00	18/8/2015 13:30	18/8/2015 14:00	15:30
19/8/2015 8:20	19/8/2015 20:50	19/8/2015 21:35	12:30
19/8/2015 21:45	20/8/2015 13:15	20/8/2015 13:40	15:30
20/8/2015 6:55	21/8/2015 6:15	21/8/2015 6:40	23:20
20/8/2015 13:45	21/8/2015 7:50	21/8/2015 8:20	18:05
22/8/2015 8:15	23/8/2015 9:45	23/8/2015 10:00	25:30:00
23/8/2015 6:20	23/8/2015 16:55	23/8/2015 17:15	10:35

Table 108 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 7^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
25/8/2015 15:30	26/8/2015 6:15	26/8/2015 6:45	14:45
26/8/2015 8:55	27/8/2015 0:01	27/8/2015 0:30	15:06
26/8/2015 18:50	28/8/2015 0:15	28/8/2015 1:00	29:25:00
27/8/2015 7:00	27/8/2015 22:00	27/8/2015 22:30	15:00
27/8/2015 22:30	29/8/2015 23:45	30/8/2015 0:30	49:15:00
29/8/2015 7:45	29/8/2015 21:30	29/8/2015 21:30	13:45
30/8/2015 6:15	31/8/2015 6:30	31/8/2015 7:10	24:15:00
31/8/2015 13:00	31/8/2015 22:10	31/8/2015 23:00	9:10
31/8/2015 18:00	1/9/2015 15:45	1/9/2015 16:15	21:45
2/9/2015 16:30	3/9/2015 10:30	3/9/2015 11:10	18:00
3/9/2015 11:15	5/9/2015 11:00	5/9/2015 11:30	47:45:00
3/9/2015 11:45	4/9/2015 16:30	4/9/2015 17:25	28:45:00
4/9/2015 17:30	5/9/2015 13:40	5/9/2015 14:20	20:10
5/9/2015 12:00	6/9/2015 2:25	6/9/2015 2:25	14:25
5/9/2015 14:10	6/9/2015 8:05	6/9/2015 8:40	17:55
6/9/2015 6:30	6/9/2015 19:00	6/9/2015 19:15	12:30
8/9/2015 10:15	9/9/2015 12:25	9/9/2015 13:00	26:10:00
8/9/2015 10:40	8/9/2015 21:00	8/9/2015 21:30	10:20
9/9/2015 13:05	10/9/2015 15:15	10/9/2015 16:00	26:10:00
9/9/2015 19:20	10/9/2015 18:45	10/9/2015 19:15	23:25
10/9/2015 16:15	12/9/2015 6:20	12/9/2015 7:00	38:05:00
10/9/2015 19:30	11/9/2015 13:20	11/9/2015 13:50	17:50
11/9/2015 14:00	12/9/2015 22:45	12/9/2015 22:45	32:45:00
11/9/2015 20:30	12/9/2015 18:50	12/9/2015 19:20	22:20
12/9/2015 19:25	13/9/2015 12:05	13/9/2015 12:35	16:40
13/9/2015 6:55	13/9/2015 21:35	13/9/2015 22:10	14:40
14/9/2015 14:30	15/9/2015 6:30	15/9/2015 7:10	16:00
15/9/2015 11:20	15/9/2015 20:00	15/9/2015 20:40	8:40
16/9/2015 7:40	16/9/2015 17:30	16/9/2015 17:50	9:50
16/9/2015 11:45	17/9/2015 6:15	17/9/2015 7:00	18:30
16/9/2015 18:00	17/9/2015 19:20	17/9/2015 20:00	25:20:00
17/9/2015 20:05	19/9/2015 2:45	19/9/2015 3:28	30:40:00
18/9/2015 7:00	20/9/2015 1:30	20/9/2015 1:42	42:30:00
18/9/2015 14:00	19/9/2015 15:10	19/9/2015 16:00	25:10:00
19/9/2015 3:30	21/9/2015 0:40	21/9/2015 1:10	45:10:00
20/9/2015 1:00	21/9/2015 13:30	21/9/2015 14:15	36:30:00
21/9/2015 1:30	21/9/2015 20:30	21/9/2015 21:05	19:00
21/9/2015 14:50	22/9/2015 6:20	22/9/2015 6:45	15:30
23/9/2015 7:05	23/9/2015 18:35	23/9/2015 19:05	11:30
23/9/2015 11:40	25/9/2015 0:01	25/9/2015 0:30	36:21:00
23/9/2015 19:15	25/9/2015 2:40	25/9/2015 4:55	31:25:00
25/9/2015 0:40	25/9/2015 16:00	25/9/2015 16:30	15:20
25/9/2015 6:40	26/9/2015 1:00	26/9/2015 1:50	18:20
25/9/2015 17:15	27/9/2015 1:00	27/9/2015 1:00	31:45:00
26/9/2015 12:00	27/9/2015 20:50	27/9/2015 21:20	32:50:00
27/9/2015 1:00	27/9/2015 14:50	27/9/2015 15:15	13:50
27/9/2015 15:20	28/9/2015 6:20	28/9/2015 6:50	15:00
28/9/2015 1:15	28/9/2015 20:30	28/9/2015 21:00	19:15
28/9/2015 6:55	29/9/2015 6:30	29/9/2015 7:15	23:35
30/9/2015 14:00	1/10/2015 18:00	1/10/2015 19:00	4:00

Table 109 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 8^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
30/9/2015 16:45	1/10/2015 11:50	1/10/2015 12:15	19:05
1/10/2015 12:20	2/10/2015 13:30	2/10/2015 14:00	25:10:00
1/10/2015 18:40	2/10/2015 21:40	2/10/2015 22:25	27:00:00
2/10/2015 14:10	4/10/2015 1:45	4/10/2015 2:20	35:35:00
2/10/2015 22:20	3/10/2015 17:30	3/10/2015 18:24	19:10
4/10/2015 2:30	5/10/2015 11:35	5/10/2015 12:00	33:05:00
6/10/2015 22:05	7/10/2015 22:00	7/10/2015 22:30	23:55
6/10/2015 23:30	8/10/2015 10:00	8/10/2015 10:40	34:30:00
7/10/2015 22:35	8/10/2015 16:00	8/10/2015 16:30	17:25
8/10/2015 10:45	8/10/2015 23:40	9/10/2015 0:20	12:55
8/10/2015 16:35	10/10/2015 12:00	10/10/2015 12:30	43:25:00
9/10/2015 1:10	10/10/2015 11:20	10/10/2015 11:56	34:10:00
10/10/2015 11:55	11/10/2015 2:50	11/10/2015 2:50	14:55
11/10/2015 8:50	12/10/2015 7:25	12/10/2015 7:45	22:35
11/10/2015 12:00	12/10/2015 12:25	12/10/2015 12:55	24:25:00
12/10/2015 13:00	13/10/2015 7:40	13/10/2015 8:00	18:40
13/10/2015 11:30	14/10/2015 6:30	14/10/2015 6:30	19:00
13/10/2015 23:40	14/10/2015 14:00	14/10/2015 14:30	14:20
14/10/2015 12:05	15/10/2015 13:00	15/10/2015 13:40	24:55:00
14/10/2015 14:35	15/10/2015 18:45	15/10/2015 19:30	28:10:00
15/10/2015 14:12	17/10/2015 1:30	17/10/2015 3:00	35:18:00
16/10/2015 13:00	18/10/2015 5:20	18/10/2015 5:24	40:20:00
17/10/2015 3:15	18/10/2015 20:00	18/10/2015 20:35	40:45:00
18/10/2015 8:20	19/10/2015 2:00	19/10/2015 3:00	17:40
19/10/2015 6:30	20/10/2015 16:45	20/10/2015 17:05	34:15:00
21/10/2015 10:00	22/10/2015 1:00	22/10/2015 2:00	15:00
21/10/2015 14:10	23/10/2015 17:10	23/10/2015 17:40	51:00:00
23/10/2015 6:55	24/10/2015 6:20	24/10/2015 6:50	23:25
23/10/2015 17:45	24/10/2015 23:45	25/10/2015 0:18	30:00:00
23/10/2015 18:35	24/10/2015 3:15	24/10/2015 3:15	8:40
24/10/2015 7:00	25/10/2015 20:00	25/10/2015 20:45	37:00:00
25/10/2015 0:15	26/10/2015 20:05	26/10/2015 20:40	43:50:00
25/10/2015 21:00	27/10/2015 8:45	27/10/2015 9:15	35:45:00
26/10/2015 20:45	28/10/2015 0:30	28/10/2015 0:50	27:45:00
27/10/2015 9:20	27/10/2015 23:00	27/10/2015 23:30	13:40
28/10/2015 12:05	29/10/2015 8:00	29/10/2015 8:30	19:55
28/10/2015 14:15	30/10/2015 1:10	30/10/2015 1:45	34:55:00
29/10/2015 8:45	30/10/2015 1:50	30/10/2015 2:20	17:05
30/10/2015 1:50	1/11/2015 18:00	1/11/2015 18:00	64:10:00
30/10/2015 6:40	6/11/2015 6:15	6/11/2015 7:00	167:35:00
30/10/2015 9:10	1/11/2015 6:10	1/11/2015 7:15	45:00:00
1/11/2015 18:00	6/11/2015 6:10	6/11/2015 6:40	108:10:00
6/11/2015 7:05	7/11/2015 15:00	7/11/2015 16:00	31:55:00
6/11/2015 14:30	7/11/2015 6:25	7/11/2015 6:42	15:55
7/11/2015 7:15	8/11/2015 3:00	8/11/2015 3:00	19:45
7/11/2015 15:35	9/11/2015 7:55	9/11/2015 8:25	40:20:00
9/11/2015 8:30	10/11/2015 10:20	10/11/2015 10:35	25:50:00
9/11/2015 9:05	11/11/2015 17:00	11/11/2015 17:35	55:55:00
10/11/2015 11:05	11/11/2015 21:30	11/11/2015 22:00	34:25:00

Table 110 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 9^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
11/11/2015 17:35	14/11/2015 8:30	14/11/2015 9:00	14:55
11/11/2015 22:05	12/11/2015 9:00	12/11/2015 9:25	10:55
13/11/2015 6:20	14/11/2015 22:30	14/11/2015 23:00	40:10:00
14/11/2015 9:30	15/11/2015 3:00	15/11/2015 3:00	17:30
14/11/2015 23:10	15/11/2015 18:30	15/11/2015 19:00	19:20
15/11/2015 6:25	16/11/2015 6:15	16/11/2015 6:40	23:50
16/11/2015 9:55	18/11/2015 6:20	18/11/2015 7:00	44:25:00
16/11/2015 10:55	17/11/2015 9:05	17/11/2015 9:25	22:10
17/11/2015 9:30	19/11/2015 1:15	19/11/2015 1:55	39:45:00
18/11/2015 7:40	18/11/2015 22:35	18/11/2015 23:25	14:55
18/11/2015 23:30	19/11/2015 17:05	19/11/2015 17:30	17:35
19/11/2015 1:50	20/11/2015 9:55	20/11/2015 10:25	32:05:00
19/11/2015 17:35	20/11/2015 21:00	20/11/2015 21:20	27:25:00
20/11/2015 10:30	22/11/2015 2:00	22/11/2015 2:25	39:30:00
20/11/2015 21:30	21/11/2015 18:30	21/11/2015 18:30	21:00
21/11/2015 18:50	23/11/2015 19:15	23/11/2015 19:45	48:25:00
22/11/2015 2:35	22/11/2015 22:30	22/11/2015 23:45	19:55
23/11/2015 7:40	24/11/2015 22:25	24/11/2015 23:00	38:45:00
24/11/2015 6:30	25/11/2015 20:35	25/11/2015 21:00	38:05:00
25/11/2015 7:50	25/11/2015 20:00	25/11/2015 20:30	12:10
27/11/2015 7:10	28/11/2015 0:01	28/11/2015 0:30	16:51
27/11/2015 13:45	28/11/2015 7:00	28/11/2015 7:30	17:15
28/11/2015 0:35	29/11/2015 6:20	29/11/2015 6:50	29:45:00
28/11/2015 7:30	29/11/2015 1:45	29/11/2015 1:45	18:15
29/11/2015 7:00	1/12/2015 20:15	1/12/2015 20:55	61:15:00
1/12/2015 7:50	1/12/2015 22:45	1/12/2015 23:30	14:55
1/12/2015 21:00	2/12/2015 15:00	2/12/2015 15:20	18:00
2/12/2015 7:15	4/12/2015 21:00	4/12/2015 21:35	61:45:00
4/12/2015 15:45	6/12/2015 20:15	6/12/2015 20:18	52:30:00
4/12/2015 21:42	7/12/2015 15:45	7/12/2015 16:30	66:03:00
6/12/2015 2:30	7/12/2015 2:00	7/12/2015 2:48	23:30
7/12/2015 2:50	8/12/2015 6:15	8/12/2015 6:45	27:25:00
7/12/2015 16:40	9/12/2015 0:45	9/12/2015 1:20	32:05:00
8/12/2015 7:20	8/12/2015 20:30	8/12/2015 21:06	13:10
8/12/2015 20:45	10/12/2015 17:05	10/12/2015 18:00	44:20:00
9/12/2015 1:35	10/12/2015 15:30	10/12/2015 16:00	37:55:00
10/12/2015 16:10	12/12/2015 0:05	12/12/2015 0:20	31:55:00
10/12/2015 17:55	12/12/2015 7:00	12/12/2015 7:50	37:05:00
12/12/2015 0:25	12/12/2015 19:05	12/12/2015 19:40	18:40
12/12/2015 8:15	13/12/2015 0:30	13/12/2015 0:30	16:15
12/12/2015 19:55	14/12/2015 8:10	14/12/2015 9:00	36:15:00
13/12/2015 0:30	13/12/2015 20:20	13/12/2015 21:05	19:50
13/12/2015 21:10	14/12/2015 21:00	14/12/2015 21:40	23:50
14/12/2015 9:00	15/12/2015 7:45	15/12/2015 8:15	22:45
15/12/2015 0:40	15/12/2015 20:55	15/12/2015 21:30	20:15
16/12/2015 6:30	17/12/2015 7:40	17/12/2015 8:10	25:10:00
17/12/2015 1:10	17/12/2015 20:40	17/12/2015 21:20	19:30
17/12/2015 9:05	18/12/2015 1:20	18/12/2015 2:10	16:15
17/12/2015 21:30	18/12/2015 13:30	18/12/2015 13:50	16:00
17/12/2015 22:10	18/12/2015 7:40	18/12/2015 8:18	9:30

Table 111 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία container, έτος 2015. (πίνακας 10^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
18/12/2015 8:05	20/12/2015 2:45	20/12/2015 2:45	18:40
18/12/2015 20:30	21/12/2015 0:01	21/12/2015 0:40	51:31:00
21/12/2015 0:40	23/12/2015 1:00	23/12/2015 1:30	48:20:00
22/12/2015 20:35	23/12/2015 16:20	23/12/2015 16:45	19:45
23/12/2015 22:15	26/12/2015 20:15	26/12/2015 21:00	70:00:00
24/12/2015 7:00	27/12/2015 6:20	27/12/2015 7:10	71:20:00
26/12/2015 21:15	28/12/2015 6:45	28/12/2015 7:15	33:30:00
27/12/2015 7:15	28/12/2015 14:25	28/12/2015 15:00	31:10:00
27/12/2015 8:15	27/12/2015 21:00	27/12/2015 21:45	12:45
28/12/2015 7:20	28/12/2015 20:30	28/12/2015 21:00	13:10
28/12/2015 14:50	29/12/2015 13:20	29/12/2015 13:50	22:30
28/12/2015 21:20	29/12/2015 6:20	29/12/2015 7:00	9:00
29/12/2015 9:15	29/12/2015 21:10	29/12/2015 21:45	11:55
30/12/2015 7:45	30/12/2015 19:50	30/12/2015 20:30	12:05
30/12/2015 20:30	31/12/2015 14:10	31/12/2015 14:30	17:40
3/1/2016 7:10	4/1/2016 6:30	4/1/2016 6:50	23:20

8.1.3 Πλοία bulk

Table 112 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 1^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
7/1/2015 9:00	13/1/2015 8:05	13/1/2015 9:00	143:05:00
3/1/2015 6:45	6/1/2015 6:40	6/1/2015 7:00	71:55:00
7/1/2015 6:10	7/1/2015 16:45	7/1/2015 17:15	10:35
6/1/2015 7:15	11/1/2015 16:30	11/1/2015 17:10	129:15:00
7/1/2015 7:10	14/1/2015 6:50	14/1/2015 7:40	167:40:00
7/1/2015 16:00	9/1/2015 1:50	9/1/2015 10:00	33:50:00
8/1/2015 12:00	15/1/2015 7:30	15/1/2015 8:10	163:30:00
9/1/2015 7:40	13/1/2015 15:30	13/1/2015 15:45	103:50:00
9/1/2015 9:15	9/1/2015 22:15	9/1/2015 22:15	13:00
13/1/2015 6:30	15/1/2015 16:00	15/1/2015 16:30	57:30:00
11/1/2015 22:15	13/1/2015 6:30	13/1/2015 6:30	32:15:00
13/1/2015 9:15	23/1/2015 13:30	23/1/2015 13:35	244:15:00
13/1/2015 11:00	18/1/2015 7:30	18/1/2015 8:30	116:30:00
14/1/2015 8:25	14/1/2015 16:40	14/1/2015 16:40	8:15
15/1/2015 9:00	16/1/2015 13:00	16/1/2015 13:30	28:00:00
15/1/2015 8:20	16/1/2015 18:30	16/1/2015 19:00	34:10:00
14/1/2015 23:30	16/1/2015 22:15	16/1/2015 22:30	46:45:00
15/1/2015 7:10	17/1/2015 18:05	17/1/2015 18:30	58:55:00
15/1/2015 7:50	20/1/2015 15:10	20/1/2015 16:00	127:20:00
16/1/2015 6:15	19/1/2015 17:15	19/1/2015 17:35	83:00:00
16/1/2015 7:15	21/1/2015 9:00	21/1/2015 9:35	121:45:00
19/1/2015 6:10	8/2/2015 7:00	8/2/2015 7:30	480:50:00
19/1/2015 6:55	22/1/2015 19:15	22/1/2015 19:35	84:20:00
20/1/2015 7:15	20/1/2015 19:00	20/1/2015 19:41	11:45
20/1/2015 6:15	22/1/2015 14:30	22/1/2015 14:50	56:15:00
20/1/2015 7:45	27/1/2015 13:00	27/1/2015 14:00	173:15:00
20/1/2015 12:20	21/1/2015 13:50	21/1/2015 13:50	25:30:00
20/1/2015 13:00	21/1/2015 18:10	21/1/2015 18:10	29:10:00
21/1/2015 11:00	22/1/2015 11:05	22/1/2015 11:05	24:05:00
22/1/2015 9:00	26/1/2015 19:20	26/1/2015 19:40	106:20:00
23/1/2015 4:00	23/1/2015 17:20	23/1/2015 17:45	13:20
23/1/2015 17:50	27/1/2015 15:40	27/1/2015 16:00	93:50:00
27/1/2015 9:30	2/2/2015 18:20	2/2/2015 18:50	152:50:00
26/1/2015 6:45	30/1/2015 15:30	30/1/2015 16:00	104:45:00
25/1/2015 22:45	26/1/2015 12:45	26/1/2015 12:45	14:00
26/1/2015 6:10	29/1/2015 22:30	29/1/2015 22:30	88:20:00
26/1/2015 8:00	28/1/2015 16:50	28/1/2015 17:30	56:50:00
26/1/2015 10:15	29/1/2015 11:30	29/1/2015 11:45	73:15:00
26/1/2015 13:15	26/1/2015 22:00	26/1/2015 22:00	8:45
27/1/2015 10:15	29/1/2015 12:05	29/1/2015 12:20	49:50:00
27/1/2015 19:45	28/1/2015 11:40	28/1/2015 11:40	15:55
28/1/2015 0:45	29/1/2015 9:45	29/1/2015 9:45	33:00:00
28/1/2015 9:45	4/2/2015 21:00	4/2/2015 21:30	179:15:00
29/1/2015 15:20	3/2/2015 13:35	3/2/2015 13:50	118:15:00
28/1/2015 19:30	29/1/2015 12:20	29/1/2015 12:20	16:50
29/1/2015 7:40	30/1/2015 7:30	30/1/2015 8:00	23:50
30/1/2015 11:50	2/2/2015 16:10	2/2/2015 16:15	76:20:00
30/1/2015 11:45	30/1/2015 21:00	30/1/2015 21:30	9:15
30/1/2015 12:00	1/2/2015 12:20	1/2/2015 12:20	48:20:00

Table 113 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 2^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
31/1/2015 9:10	3/2/2015 13:55	3/2/2015 14:10	4:45
2/2/2015 18:30	4/2/2015 17:25	4/2/2015 17:45	46:55:00
3/2/2015 9:40	7/2/2015 9:30	7/2/2015 9:30	95:50:00
3/2/2015 18:00	6/2/2015 13:35	6/2/2015 14:10	67:35:00
6/2/2015 7:00	6/2/2015 20:05	6/2/2015 20:15	13:05
6/2/2015 8:00	6/2/2015 22:40	6/2/2015 22:40	14:40
6/2/2015 13:00	7/2/2015 19:45	7/2/2015 19:50	30:45:00
6/2/2015 17:20	9/2/2015 16:40	9/2/2015 17:00	71:20:00
9/2/2015 8:00	10/2/2015 18:10	10/2/2015 18:30	34:10:00
9/2/2015 7:25	11/2/2015 13:10	11/2/2015 13:30	53:45:00
9/2/2015 6:30	10/2/2015 13:40	10/2/2015 13:55	31:10:00
10/2/2015 7:05	11/2/2015 19:00	11/2/2015 19:00	35:55:00
10/2/2015 7:40	13/2/2015 6:20	13/2/2015 7:10	70:40:00
11/2/2015 8:30	17/2/2015 15:00	17/2/2015 15:20	150:30:00
13/2/2015 7:30	17/2/2015 7:40	17/2/2015 8:00	96:10:00
13/2/2015 7:15	16/2/2015 13:30	16/2/2015 13:35	78:15:00
13/2/2015 15:30	18/2/2015 14:00	18/2/2015 14:30	118:30:00
14/2/2015 10:10	16/2/2015 13:35	16/2/2015 14:10	51:25:00
15/2/2015 6:20	16/2/2015 14:00	16/2/2015 14:30	31:40:00
15/2/2015 7:00	19/2/2015 16:30	19/2/2015 17:10	105:30:00
15/2/2015 22:30	16/2/2015 10:30	16/2/2015 10:30	12:00
17/2/2015 6:30	25/2/2015 19:00	25/2/2015 19:15	204:30:00
18/2/2015 7:20	18/2/2015 18:30	18/2/2015 19:00	11:10
19/2/2015 3:15	19/2/2015 13:10	19/2/2015 13:10	9:55
19/2/2015 9:00	19/2/2015 22:10	19/2/2015 22:10	13:10
19/2/2015 11:25	26/2/2015 19:10	26/2/2015 19:10	175:45:00
20/2/2015 11:40	26/2/2015 15:15	26/2/2015 15:30	147:35:00
21/2/2015 6:30	26/2/2015 18:35	26/2/2015 19:00	132:05:00
21/2/2015 11:00	22/2/2015 0:30	22/2/2015 1:00	13:30
21/2/2015 12:00	4/3/2015 14:00	4/3/2015 14:30	266:00:00
23/2/2015 8:30	25/2/2015 21:15	25/2/2015 21:15	60:45:00
24/2/2015 6:40	26/2/2015 18:15	26/2/2015 18:30	59:35:00
24/2/2015 6:50	26/2/2015 15:35	26/2/2015 16:00	56:45:00
25/2/2015 6:40	27/2/2015 15:40	27/2/2015 16:00	57:00:00
25/2/2015 13:50	26/2/2015 20:15	26/2/2015 20:45	30:25:00
26/2/2015 7:00	28/2/2015 13:00	28/2/2015 13:20	54:00:00
26/2/2015 1:45	26/2/2015 19:00	26/2/2015 19:00	17:15
26/2/2015 7:40	1/3/2015 14:20	1/3/2015 20:00	78:40:00
27/2/2015 6:45	5/3/2015 6:40	5/3/2015 7:05	143:55:00
27/2/2015 7:45	3/3/2015 6:20	3/3/2015 7:40	94:35:00
27/2/2015 9:10	11/3/2015 16:00	11/3/2015 16:20	294:50:00
27/2/2015 7:45	2/3/2015 16:20	2/3/2015 16:40	80:35:00
27/2/2015 16:45	3/3/2015 20:00	3/3/2015 20:35	99:15:00
28/2/2015 7:40	9/3/2015 13:30	9/3/2015 13:30	221:50:00
28/2/2015 8:40	28/2/2015 22:45	28/2/2015 22:45	14:05
2/3/2015 16:45	3/3/2015 18:15	3/3/2015 18:30	25:30:00
2/3/2015 6:30	3/3/2015 12:50	3/3/2015 13:10	30:20:00
4/3/2015 7:15	10/3/2015 16:45	10/3/2015 17:10	153:30:00
4/3/2015 6:40	5/3/2015 16:40	5/3/2015 17:05	34:00:00
3/3/2015 7:55	5/3/2015 17:10	5/3/2015 17:30	57:15:00
3/3/2015 6:30	5/3/2015 19:15	5/3/2015 19:15	60:45:00

Table 114 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 3^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
3/3/2015 7:05	8/3/2015 14:45	8/3/2015 15:15	7:40
5/3/2015 7:15	13/3/2015 6:50	13/3/2015 7:20	191:35:00
5/3/2015 9:00	12/3/2015 13:20	12/3/2015 13:20	172:20:00
5/3/2015 9:30	12/3/2015 14:20	12/3/2015 16:45	172:50:00
5/3/2015 11:15	6/3/2015 12:10	6/3/2015 12:10	24:55:00
6/3/2015 21:00	9/3/2015 6:20	9/3/2015 6:20	57:20:00
9/3/2015 7:15	14/3/2015 18:50	14/3/2015 19:20	131:35:00
7/3/2015 19:00	9/3/2015 9:40	9/3/2015 9:40	38:40:00
9/3/2015 10:10	10/3/2015 17:15	10/3/2015 17:45	31:05:00
9/3/2015 6:10	13/3/2015 16:00	13/3/2015 17:00	105:50:00
9/3/2015 8:00	14/3/2015 15:00	14/3/2015 15:45	127:00:00
10/3/2015 7:00	11/3/2015 12:00	11/3/2015 12:40	29:00:00
11/3/2015 3:00	11/3/2015 14:25	11/3/2015 14:25	11:25
11/3/2015 11:35	11/3/2015 21:20	11/3/2015 21:20	9:45
12/3/2015 6:15	17/3/2015 11:30	17/3/2015 11:45	125:15:00
13/3/2015 13:00	21/3/2015 6:20	21/3/2015 6:45	185:20:00
12/3/2015 8:50	20/3/2015 6:45	20/3/2015 7:15	189:55:00
13/3/2015 11:00	16/3/2015 19:30	16/3/2015 20:00	80:30:00
13/3/2015 11:20	15/3/2015 15:25	15/3/2015 15:25	52:05:00
13/3/2015 16:45	14/3/2015 14:50	14/3/2015 14:55	22:05
16/3/2015 11:15	19/3/2015 18:00	19/3/2015 18:15	78:45:00
13/3/2015 21:45	14/3/2015 13:45	14/3/2015 13:45	16:00
14/3/2015 15:40	17/3/2015 13:30	17/3/2015 13:30	69:50:00
14/3/2015 18:00	18/3/2015 14:35	18/3/2015 14:35	92:35:00
15/3/2015 11:15	16/3/2015 10:00	16/3/2015 10:20	22:45
15/3/2015 14:00	16/3/2015 4:30	16/3/2015 4:30	14:30
16/3/2015 16:30	20/3/2015 14:15	20/3/2015 14:50	93:45:00
17/3/2015 23:10	18/3/2015 13:10	18/3/2015 13:30	14:00
18/3/2015 6:25	20/3/2015 18:30	20/3/2015 18:50	60:05:00
20/3/2015 6:20	20/3/2015 16:40	20/3/2015 16:40	10:20
19/3/2015 7:15	20/3/2015 13:00	20/3/2015 13:30	29:45:00
20/3/2015 7:00	20/3/2015 19:30	20/3/2015 19:45	12:30
20/3/2015 7:20	23/3/2015 15:10	23/3/2015 15:35	79:50:00
23/3/2015 6:15	24/3/2015 12:55	24/3/2015 13:15	30:40:00
20/3/2015 15:50	24/3/2015 14:15	24/3/2015 14:45	94:25:00
20/3/2015 15:00	21/3/2015 15:00	21/3/2015 15:25	24:00:00
23/3/2015 7:10	31/3/2015 14:30	31/3/2015 14:50	199:20:00
23/3/2015 6:30	24/3/2015 16:00	24/3/2015 16:20	33:30:00
23/3/2015 7:15	24/3/2015 12:30	24/3/2015 12:50	29:15:00
24/3/2015 9:20	31/3/2015 21:00	31/3/2015 21:40	179:40:00
23/3/2015 8:10	1/4/2015 16:40	1/4/2015 17:20	224:30:00
24/3/2015 13:45	30/3/2015 20:35	30/3/2015 21:00	150:50:00
24/3/2015 16:30	27/3/2015 12:45	27/3/2015 15:30	68:15:00
25/3/2015 7:20	30/3/2015 11:15	30/3/2015 11:45	123:55:00
26/3/2015 6:50	31/3/2015 13:25	31/3/2015 13:45	126:35:00
26/3/2015 7:20	26/3/2015 17:00	26/3/2015 17:20	9:40
26/3/2015 20:55	27/3/2015 17:00	27/3/2015 17:00	20:05
30/3/2015 6:15	1/4/2015 11:00	1/4/2015 11:25	52:45:00
30/3/2015 8:10	31/3/2015 13:00	31/3/2015 13:30	28:50:00
30/3/2015 7:25	3/4/2015 16:30	3/4/2015 16:50	105:05:00

Table 115 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 4^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
30/3/2015 4:00	31/3/2015 10:20	31/3/2015 10:20	6:20
30/3/2015 13:00	31/3/2015 3:00	31/3/2015 3:00	14:00
31/3/2015 6:10	31/3/2015 22:15	31/3/2015 22:15	16:05
1/4/2015 6:30	7/4/2015 14:10	7/4/2015 14:30	151:40:00
31/3/2015 12:35	31/3/2015 21:30	31/3/2015 21:30	8:55
1/4/2015 12:50	2/4/2015 17:30	2/4/2015 17:40	28:40:00
1/4/2015 13:50	6/4/2015 18:15	6/4/2015 19:45	124:25:00
2/4/2015 9:00	2/4/2015 22:30	2/4/2015 22:40	13:30
2/4/2015 10:20	7/4/2015 13:45	7/4/2015 14:05	123:25:00
2/4/2015 20:00	3/4/2015 12:15	3/4/2015 12:15	16:15
3/4/2015 6:30	6/4/2015 19:50	6/4/2015 20:10	85:20:00
6/4/2015 11:00	9/4/2015 22:10	9/4/2015 22:40	83:10:00
3/4/2015 18:30	6/4/2015 15:30	6/4/2015 15:50	69:00:00
4/4/2015 9:40	9/4/2015 21:00	9/4/2015 22:00	131:20:00
4/4/2015 11:00	4/4/2015 23:00	4/4/2015 23:15	12:00
6/4/2015 13:00	9/4/2015 15:00	9/4/2015 15:20	74:00:00
6/4/2015 3:45	6/4/2015 13:20	6/4/2015 13:20	9:35
6/4/2015 17:45	7/4/2015 7:00	7/4/2015 7:00	13:15
6/4/2015 20:15	10/4/2015 12:45	10/4/2015 13:00	88:30:00
8/4/2015 12:05	16/4/2015 20:00	16/4/2015 20:30	199:55:00
7/4/2015 7:00	14/4/2015 14:25	14/4/2015 15:00	175:25:00
8/4/2015 18:00	9/4/2015 6:00	9/4/2015 6:15	12:00
14/4/2015 6:20	15/4/2015 12:00	15/4/2015 12:10	29:40:00
14/4/2015 6:15	17/4/2015 17:20	17/4/2015 17:50	83:05:00
10/4/2015 23:40	14/4/2015 18:40	14/4/2015 18:40	91:00:00
14/4/2015 8:35	23/4/2015 19:50	23/4/2015 20:20	227:15:00
13/4/2015 14:00	14/4/2015 2:45	14/4/2015 2:45	12:45
14/4/2015 8:15	15/4/2015 16:15	15/4/2015 16:20	32:00:00
14/4/2015 7:40	15/4/2015 18:30	15/4/2015 19:00	34:50:00
14/4/2015 7:05	14/4/2015 20:15	14/4/2015 20:15	13:10
15/4/2015 15:15	16/4/2015 2:30	16/4/2015 2:30	11:15
16/4/2015 7:15	25/4/2015 13:50	25/4/2015 14:20	222:35:00
17/4/2015 13:30	23/4/2015 12:50	23/4/2015 13:00	143:20:00
17/4/2015 16:45	22/4/2015 19:10	22/4/2015 19:40	122:25:00
23/4/2015 6:15	30/4/2015 12:30	30/4/2015 13:00	174:15:00
18/4/2015 9:30	18/4/2015 19:40	18/4/2015 19:40	10:10
24/4/2015 6:10	29/4/2015 18:30	29/4/2015 19:00	132:20:00
24/4/2015 16:00	8/5/2015 18:40	8/5/2015 19:00	338:40:00
20/4/2015 6:15	22/4/2015 18:00	22/4/2015 18:15	59:45:00
19/4/2015 4:30	20/4/2015 20:00	20/4/2015 20:00	39:30:00
22/4/2015 13:20	23/4/2015 20:30	23/4/2015 20:30	31:10:00
23/4/2015 0:20	23/4/2015 10:45	23/4/2015 10:45	10:25
23/4/2015 8:15	29/4/2015 12:00	29/4/2015 17:50	147:45:00
23/4/2015 7:45	27/4/2015 15:15	27/4/2015 15:50	103:30:00
23/4/2015 6:50	28/4/2015 20:00	28/4/2015 20:30	133:10:00
24/4/2015 6:45	28/4/2015 16:00	28/4/2015 16:30	105:15:00
24/4/2015 10:30	29/4/2015 21:00	29/4/2015 21:45	130:30:00
24/4/2015 23:55	25/4/2015 10:50	25/4/2015 10:50	10:55
27/4/2015 6:30	30/4/2015 15:00	30/4/2015 15:30	80:30:00
30/4/2015 7:15	8/5/2015 13:00	8/5/2015 13:20	197:45:00

Table 116 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 5^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
26/4/2015 22:45	27/4/2015 10:30	27/4/2015 10:40	11:45
28/4/2015 6:20	28/4/2015 17:30	28/4/2015 17:55	11:10
28/4/2015 8:20	29/4/2015 19:00	29/4/2015 19:00	34:40:00
28/4/2015 22:30	29/4/2015 10:00	29/4/2015 10:00	11:30
30/4/2015 7:50	30/4/2015 20:00	30/4/2015 20:05	12:10
30/4/2015 6:30	6/5/2015 13:00	6/5/2015 13:30	150:30:00
1/5/2015 1:30	1/5/2015 14:00	1/5/2015 14:00	12:30
1/5/2015 8:00	2/5/2015 12:40	2/5/2015 12:40	28:40:00
4/5/2015 7:05	5/5/2015 10:45	5/5/2015 11:15	27:40:00
4/5/2015 6:10	5/5/2015 15:10	5/5/2015 15:30	33:00:00
2/5/2015 7:50	8/5/2015 20:30	8/5/2015 20:30	156:40:00
2/5/2015 11:00	4/5/2015 17:30	4/5/2015 17:30	54:30:00
4/5/2015 7:35	5/5/2015 5:40	5/5/2015 16:10	22:05
4/5/2015 8:00	7/5/2015 17:00	7/5/2015 17:00	81:00:00
5/5/2015 16:15	7/5/2015 10:40	7/5/2015 12:30	42:25:00
5/5/2015 17:35	6/5/2015 4:00	6/5/2015 4:10	10:25
5/5/2015 18:30	12/5/2015 5:45	12/5/2015 5:45	155:15:00
5/5/2015 17:40	13/5/2015 7:00	13/5/2015 8:00	181:20:00
6/5/2015 7:10	8/5/2015 14:05	8/5/2015 14:25	54:55:00
6/5/2015 7:45	8/5/2015 18:40	8/5/2015 18:40	58:55:00
7/5/2015 9:30	10/5/2015 15:00	10/5/2015 15:30	77:30:00
7/5/2015 11:25	9/5/2015 16:20	9/5/2015 16:20	52:55:00
7/5/2015 16:15	8/5/2015 11:40	8/5/2015 11:40	19:25
8/5/2015 11:30	12/5/2015 18:15	12/5/2015 18:15	102:45:00
8/5/2015 13:25	12/5/2015 16:45	12/5/2015 17:10	99:20:00
9/5/2015 7:10	12/5/2015 7:20	12/5/2015 7:50	72:10:00
11/5/2015 6:10	15/5/2015 16:20	15/5/2015 17:10	106:10:00
10/5/2015 7:30	10/5/2015 16:00	10/5/2015 16:00	8:30
11/5/2015 6:45	13/5/2015 18:10	13/5/2015 18:40	59:25:00
11/5/2015 2:50	11/5/2015 14:00	11/5/2015 14:00	11:10
11/5/2015 7:40	14/5/2015 18:30	14/5/2015 19:00	82:50:00
13/5/2015 6:30	13/5/2015 17:00	13/5/2015 17:30	10:30
13/5/2015 8:20	14/5/2015 13:30	14/5/2015 14:00	29:10:00
13/5/2015 9:00	17/5/2015 15:30	17/5/2015 16:00	102:30:00
13/5/2015 16:20	20/5/2015 6:10	20/5/2015 6:45	157:50:00
15/5/2015 7:30	15/5/2015 18:40	15/5/2015 18:40	11:10
15/5/2015 12:25	18/5/2015 14:10	18/5/2015 15:00	73:45:00
18/5/2015 6:10	18/5/2015 19:10	18/5/2015 19:30	13:00
18/5/2015 6:40	18/5/2015 17:00	18/5/2015 17:20	10:20
17/5/2015 6:00	17/5/2015 17:00	17/5/2015 17:00	11:00
19/5/2015 6:50	19/5/2015 17:40	19/5/2015 17:40	10:50
20/5/2015 6:55	22/5/2015 6:40	22/5/2015 7:05	47:45:00
21/5/2015 8:15	22/5/2015 18:50	22/5/2015 19:20	34:35:00
21/5/2015 7:20	21/5/2015 18:15	21/5/2015 18:15	10:55
21/5/2015 8:00	21/5/2015 18:00	21/5/2015 18:00	10:00
21/5/2015 10:30	26/5/2015 21:10	26/5/2015 22:30	130:40:00
22/5/2015 8:00	26/5/2015 13:10	26/5/2015 14:15	101:10:00
23/5/2015 0:15	25/5/2015 17:30	25/5/2015 17:30	65:15:00
22/5/2015 9:20	22/5/2015 19:30	22/5/2015 19:30	10:10
25/5/2015 6:10	25/5/2015 16:10	25/5/2015 16:30	10:00

Table 117 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 6^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
25/5/2015 7:15	25/5/2015 15:40	25/5/2015 16:00	8:25
26/5/2015 6:30	26/5/2015 17:20	26/5/2015 17:50	10:50
24/5/2015 11:15	25/5/2015 18:30	25/5/2015 18:30	31:15:00
25/5/2015 6:40	27/5/2015 15:30	27/5/2015 16:00	56:50:00
25/5/2015 9:45	27/5/2015 14:25	27/5/2015 14:45	52:40:00
25/5/2015 14:30	26/5/2015 2:00	26/5/2015 2:00	11:30
26/5/2015 7:00	29/5/2015 14:30	29/5/2015 15:10	79:30:00
26/5/2015 13:15	27/5/2015 3:10	27/5/2015 3:10	13:55
26/5/2015 15:30	28/5/2015 17:15	28/5/2015 17:30	49:45:00
27/5/2015 19:00	28/5/2015 6:10	28/5/2015 6:30	11:10
28/5/2015 6:10	28/5/2015 16:00	28/5/2015 16:00	9:50
28/5/2015 10:10	29/5/2015 13:30	29/5/2015 13:40	27:20:00
28/5/2015 21:45	29/5/2015 13:15	29/5/2015 13:15	15:30
29/5/2015 7:00	30/5/2015 15:10	30/5/2015 15:30	32:10:00
29/5/2015 10:20	30/5/2015 12:15	30/5/2015 12:15	25:55:00
29/5/2015 18:45	30/5/2015 5:45	30/5/2015 5:45	11:00
1/6/2015 8:00	6/6/2015 19:25	6/6/2015 20:00	131:25:00
31/5/2015 17:00	1/6/2015 3:30	1/6/2015 3:30	10:30
1/6/2015 6:10	4/6/2015 14:30	4/6/2015 14:50	80:20:00
2/6/2015 6:30	3/6/2015 19:10	3/6/2015 20:30	36:40:00
2/6/2015 8:00	6/6/2015 13:50	6/6/2015 14:25	101:50:00
2/6/2015 15:00	3/6/2015 2:00	3/6/2015 2:00	11:00
3/6/2015 6:20	5/6/2015 14:00	5/6/2015 14:30	55:40:00
4/6/2015 14:30	5/6/2015 1:30	5/6/2015 1:30	11:00
7/6/2015 6:15	12/6/2015 21:00	12/6/2015 21:30	134:45:00
6/6/2015 14:45	7/6/2015 2:00	7/6/2015 2:00	11:15
8/6/2015 15:30	10/6/2015 15:40	10/6/2015 16:05	48:10:00
8/6/2015 17:00	9/6/2015 3:40	9/6/2015 3:40	10:40
9/6/2015 7:00	19/6/2015 19:30	19/6/2015 19:45	252:30:00
10/6/2015 11:50	11/6/2015 13:30	11/6/2015 13:30	25:40:00
10/6/2015 17:00	11/6/2015 4:30	11/6/2015 4:30	11:30
12/6/2015 6:45	15/6/2015 20:00	15/6/2015 20:30	85:15:00
12/6/2015 8:00	15/6/2015 20:40	15/6/2015 21:00	84:40:00
12/6/2015 16:15	17/6/2015 17:00	17/6/2015 18:45	120:45:00
12/6/2015 16:15	13/6/2015 3:00	13/6/2015 3:00	10:45
15/6/2015 6:50	15/6/2015 20:00	15/6/2015 20:00	13:10
15/6/2015 7:15	17/6/2015 23:00	17/6/2015 23:45	63:45:00
15/6/2015 7:25	17/6/2015 12:30	17/6/2015 12:50	53:05:00
14/6/2015 20:30	15/6/2015 13:00	15/6/2015 13:30	16:30
15/6/2015 6:30	17/6/2015 11:50	17/6/2015 12:20	53:20:00
17/6/2015 7:00	17/6/2015 17:30	17/6/2015 18:00	10:30
17/6/2015 7:40	19/6/2015 19:50	19/6/2015 20:10	60:10:00
17/6/2015 8:15	18/6/2015 14:15	18/6/2015 14:45	30:00:00
17/6/2015 12:50	19/6/2015 13:15	19/6/2015 13:30	48:25:00
18/6/2015 7:30	18/6/2015 20:45	18/6/2015 21:00	13:15
18/6/2015 11:40	18/6/2015 19:40	18/6/2015 19:40	8:00
19/6/2015 11:15	19/6/2015 21:50	19/6/2015 22:50	10:35
20/6/2015 7:25	20/6/2015 20:00	20/6/2015 20:00	12:35
20/6/2015 9:30	23/6/2015 13:30	23/6/2015 18:20	76:00:00
22/6/2015 8:00	26/6/2015 6:10	26/6/2015 6:50	94:10:00

Table 118 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 7^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
20/6/2015 17:10	21/6/2015 13:00	21/6/2015 13:00	19:50
22/6/2015 6:55	24/6/2015 15:30	24/6/2015 15:30	56:35:00
21/6/2015 10:50	21/6/2015 22:10	21/6/2015 22:10	11:20
22/6/2015 6:10	25/6/2015 17:15	25/6/2015 17:45	83:05:00
22/6/2015 8:40	26/6/2015 20:35	26/6/2015 21:15	107:55:00
23/6/2015 7:00	28/6/2015 12:00	28/6/2015 12:45	125:00:00
23/6/2015 8:05	23/6/2015 19:00	23/6/2015 19:00	10:55
23/6/2015 10:30	23/6/2015 21:15	23/6/2015 21:15	10:45
24/6/2015 13:10	26/6/2015 14:55	26/6/2015 15:15	49:45:00
25/6/2015 7:00	25/6/2015 16:50	25/6/2015 17:15	9:50
25/6/2015 9:45	25/6/2015 20:50	25/6/2015 20:50	11:05
25/6/2015 13:40	26/6/2015 1:00	26/6/2015 1:00	11:20
29/6/2015 7:45	30/6/2015 20:10	30/6/2015 20:35	36:25:00
27/6/2015 14:30	28/6/2015 1:10	28/6/2015 1:10	10:40
29/6/2015 3:00	29/6/2015 20:10	29/6/2015 20:10	17:10
29/6/2015 14:35	1/7/2015 12:30	1/7/2015 12:50	45:55:00
30/6/2015 7:30	2/7/2015 13:25	2/7/2015 13:30	53:55:00
1/7/2015 13:00	13/7/2015 18:00	13/7/2015 18:20	293:00:00
1/7/2015 6:20	2/7/2015 12:00	2/7/2015 12:20	29:40:00
2/7/2015 0:45	2/7/2015 11:45	2/7/2015 11:45	11:00
3/7/2015 10:40	7/7/2015 12:20	7/7/2015 12:45	97:40:00
2/7/2015 13:30	7/7/2015 19:45	7/7/2015 20:30	126:15:00
3/7/2015 7:15	4/7/2015 13:40	4/7/2015 14:00	30:25:00
6/7/2015 11:40	9/7/2015 13:00	9/7/2015 13:30	73:20:00
5/7/2015 15:00	10/7/2015 13:00	10/7/2015 13:30	118:00:00
6/7/2015 7:10	7/7/2015 13:40	7/7/2015 14:00	30:30:00
8/7/2015 6:50	11/7/2015 22:00	11/7/2015 22:40	87:10:00
9/7/2015 15:30	11/7/2015 12:45	11/7/2015 13:00	45:15:00
10/7/2015 8:00	10/7/2015 17:45	10/7/2015 17:45	9:45
10/7/2015 18:45	11/7/2015 12:40	11/7/2015 12:40	17:55
11/7/2015 7:50	15/7/2015 20:10	15/7/2015 20:50	108:20:00
11/7/2015 15:30	12/7/2015 4:20	12/7/2015 4:20	12:50
13/7/2015 6:10	14/7/2015 14:00	14/7/2015 14:15	31:50:00
13/7/2015 6:10	14/7/2015 20:00	14/7/2015 20:30	37:50:00
13/7/2015 6:35	13/7/2015 17:00	13/7/2015 17:20	10:25
13/7/2015 7:00	14/7/2015 12:25	14/7/2015 12:45	29:25:00
14/7/2015 10:45	16/7/2015 21:45	16/7/2015 21:45	59:00:00
16/7/2015 8:10	17/7/2015 17:30	17/7/2015 18:00	33:20:00
16/7/2015 6:10	18/7/2015 11:15	18/7/2015 11:40	53:05:00
17/7/2015 6:20	21/7/2015 15:30	21/7/2015 16:20	105:10:00
17/7/2015 2:15	17/7/2015 11:30	17/7/2015 11:30	9:15
19/7/2015 18:55	20/7/2015 12:15	20/7/2015 12:15	17:20
20/7/2015 6:10	24/7/2015 21:00	24/7/2015 21:25	110:50:00
20/7/2015 6:30	20/7/2015 17:00	20/7/2015 17:15	10:30
21/7/2015 11:45	23/7/2015 6:40	23/7/2015 7:10	42:55:00
22/7/2015 7:15	22/7/2015 19:30	22/7/2015 19:30	12:15
22/7/2015 9:30	22/7/2015 17:35	22/7/2015 17:35	8:05
22/7/2015 16:20	23/7/2015 16:10	23/7/2015 16:10	23:50
23/7/2015 8:05	24/7/2015 20:25	24/7/2015 20:55	36:20:00
23/7/2015 19:30	24/7/2015 19:30	24/7/2015 19:30	24:00:00

Table 119 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 8^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
24/7/2015 2:00	24/7/2015 17:50	24/7/2015 17:50	15:50
24/7/2015 13:20	27/7/2015 12:00	27/7/2015 12:20	70:40:00
24/7/2015 18:30	25/7/2015 6:00	25/7/2015 6:15	11:30
27/7/2015 7:00	29/7/2015 19:00	29/7/2015 19:30	60:00:00
25/7/2015 15:30	31/7/2015 14:05	31/7/2015 14:40	142:35:00
25/7/2015 16:45	31/7/2015 14:35	31/7/2015 15:05	141:50:00
26/7/2015 22:00	27/7/2015 8:10	27/7/2015 8:10	10:10
28/7/2015 12:45	29/7/2015 21:15	29/7/2015 21:15	32:30:00
28/7/2015 19:00	29/7/2015 5:30	29/7/2015 5:45	10:30
29/7/2015 12:00	30/7/2015 12:10	30/7/2015 12:10	24:10:00
31/7/2015 6:30	1/8/2015 16:50	1/8/2015 17:25	34:20:00
31/7/2015 21:00	1/8/2015 12:00	1/8/2015 12:15	15:00
1/8/2015 7:30	1/8/2015 16:05	1/8/2015 16:05	8:35
3/8/2015 6:30	7/8/2015 21:15	7/8/2015 21:35	110:45:00
3/8/2015 19:20	8/8/2015 13:15	8/8/2015 14:00	113:55:00
4/8/2015 6:35	6/8/2015 17:30	6/8/2015 17:30	58:55:00
5/8/2015 15:00	11/8/2015 11:05	11/8/2015 11:05	140:05:00
5/8/2015 18:00	6/8/2015 6:00	6/8/2015 6:00	12:00
10/8/2015 6:35	10/8/2015 17:40	10/8/2015 18:05	11:05
7/8/2015 11:05	13/8/2015 19:30	13/8/2015 20:00	152:25:00
7/8/2015 22:00	8/8/2015 18:35	8/8/2015 18:35	20:35
10/8/2015 13:35	12/8/2015 19:00	12/8/2015 19:15	53:25:00
11/8/2015 16:00	18/8/2015 21:00	18/8/2015 21:45	173:00:00
13/8/2015 6:15	17/8/2015 21:20	17/8/2015 21:50	111:05:00
12/8/2015 16:50	19/8/2015 6:15	19/8/2015 7:00	157:25:00
13/8/2015 8:05	13/8/2015 18:30	13/8/2015 18:40	10:25
18/8/2015 7:10	20/8/2015 14:20	20/8/2015 15:00	55:10:00
18/8/2015 8:00	18/8/2015 20:00	18/8/2015 20:00	12:00
19/8/2015 7:00	22/8/2015 15:00	22/8/2015 15:30	80:00:00
19/8/2015 15:50	20/8/2015 15:40	20/8/2015 16:10	23:50
19/8/2015 16:50	21/8/2015 11:45	21/8/2015 12:00	42:55:00
20/8/2015 8:05	22/8/2015 12:40	22/8/2015 13:05	52:35:00
20/8/2015 10:00	20/8/2015 20:00	20/8/2015 20:00	10:00
20/8/2015 14:30	21/8/2015 10:15	21/8/2015 10:15	19:45
21/8/2015 13:00	27/8/2015 21:15	27/8/2015 21:45	152:15:00
22/8/2015 6:40	24/8/2015 11:30	24/8/2015 11:50	52:50:00
24/8/2015 6:45	25/8/2015 12:50	25/8/2015 13:30	30:05:00
24/8/2015 20:40	25/8/2015 12:10	25/8/2015 12:10	15:30
26/8/2015 7:50	28/8/2015 22:45	28/8/2015 23:30	62:55:00
26/8/2015 6:50	31/8/2015 19:40	31/8/2015 20:40	132:50:00
27/8/2015 8:10	27/8/2015 20:00	27/8/2015 20:15	11:50
27/8/2015 19:45	28/8/2015 16:00	28/8/2015 16:00	20:15
29/8/2015 6:30	2/9/2015 19:30	2/9/2015 20:00	109:00:00
30/8/2015 16:10	31/8/2015 13:25	31/8/2015 13:10	21:15
1/9/2015 12:10	2/9/2015 12:20	2/9/2015 12:30	24:10:00
3/9/2015 18:45	5/9/2015 14:50	5/9/2015 15:15	44:05:00
4/9/2015 14:50	5/9/2015 1:25	5/9/2015 1:25	10:35
5/9/2015 15:15	6/9/2015 5:35	6/9/2015 5:35	14:20
7/9/2015 6:30	11/9/2015 18:15	11/9/2015 18:45	107:45:00
6/9/2015 19:40	7/9/2015 15:15	7/9/2015 15:15	19:35

Table 120 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 9^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
7/9/2015 7:40	9/9/2015 16:00	9/9/2015 16:10	8:20
8/9/2015 14:30	9/9/2015 20:35	9/9/2015 20:45	30:05:00
9/9/2015 8:50	9/9/2015 19:20	9/9/2015 19:20	10:30
9/9/2015 16:35	10/9/2015 3:40	10/9/2015 3:40	11:05
10/9/2015 9:15	15/9/2015 20:50	15/9/2015 21:45	131:35:00
11/9/2015 7:05	14/9/2015 17:30	14/9/2015 17:30	82:25:00
11/9/2015 7:15	12/9/2015 16:30	12/9/2015 16:30	33:15:00
11/9/2015 12:15	12/9/2015 12:10	12/9/2015 12:40	23:55
11/9/2015 14:45	12/9/2015 1:30	12/9/2015 1:30	10:45
12/9/2015 7:40	17/9/2015 17:00	17/9/2015 17:32	129:20:00
12/9/2015 7:10	16/9/2015 6:10	16/9/2015 6:50	95:00:00
14/9/2015 6:40	16/9/2015 18:35	16/9/2015 19:10	59:55:00
13/9/2015 19:30	14/9/2015 5:45	14/9/2015 5:45	10:15
15/9/2015 7:15	16/9/2015 19:05	16/9/2015 19:30	35:50:00
15/9/2015 18:00	16/9/2015 6:30	16/9/2015 6:30	12:30
17/9/2015 17:35	18/9/2015 20:05	18/9/2015 20:20	26:30:00
18/9/2015 8:45	21/9/2015 16:30	21/9/2015 16:50	79:45:00
19/9/2015 11:45	19/9/2015 22:30	19/9/2015 22:30	10:45
21/9/2015 7:20	23/9/2015 6:20	23/9/2015 7:00	47:00:00
21/9/2015 7:30	26/9/2015 15:45	26/9/2015 16:30	128:15:00
21/9/2015 7:00	23/9/2015 15:00	23/9/2015 15:00	56:00:00
21/9/2015 6:30	23/9/2015 20:20	23/9/2015 20:40	61:50:00
21/9/2015 6:20	22/9/2015 18:20	22/9/2015 18:20	36:00:00
21/9/2015 11:00	21/9/2015 22:10	21/9/2015 22:10	11:10
21/9/2015 11:35	22/9/2015 17:45	22/9/2015 17:45	30:10:00
21/9/2015 14:25	23/9/2015 13:10	23/9/2015 13:45	46:45:00
22/9/2015 7:35	25/9/2015 14:30	25/9/2015 15:00	78:55:00
22/9/2015 23:45	23/9/2015 17:50	23/9/2015 17:50	18:05
23/9/2015 9:00	23/9/2015 17:20	23/9/2015 17:20	8:20
23/9/2015 21:00	24/9/2015 7:00	24/9/2015 7:10	10:00
26/9/2015 8:30	26/9/2015 20:00	26/9/2015 20:00	11:30
29/9/2015 7:00	1/10/2015 19:10	1/10/2015 19:40	60:10:00
26/9/2015 16:30	27/9/2015 13:15	27/9/2015 13:15	20:45
28/9/2015 7:30	29/9/2015 13:00	29/9/2015 14:15	29:30:00
27/9/2015 9:45	28/9/2015 19:20	28/9/2015 19:20	33:35:00
28/9/2015 17:30	29/9/2015 17:30	29/9/2015 17:30	24:00:00
29/9/2015 11:30	30/9/2015 0:20	30/9/2015 0:20	12:50
29/9/2015 15:50	30/9/2015 14:20	30/9/2015 14:30	22:30
30/9/2015 9:50	1/10/2015 12:50	1/10/2015 13:30	27:00:00
30/9/2015 13:00	1/10/2015 22:15	1/10/2015 22:40	33:15:00
30/9/2015 18:30	1/10/2015 5:15	1/10/2015 5:15	10:45
1/10/2015 10:55	2/10/2015 6:10	2/10/2015 6:30	19:15
2/10/2015 7:00	4/10/2015 2:30	4/10/2015 2:30	43:30:00
2/10/2015 18:30	3/10/2015 7:15	3/10/2015 8:05	12:45
2/10/2015 18:20	3/10/2015 18:30	3/10/2015 18:30	24:10:00
4/10/2015 9:00	20/10/2015 13:00	20/10/2015 13:00	388:00:00
5/10/2015 6:40	7/10/2015 15:00	7/10/2015 15:00	56:20:00
5/10/2015 7:30	6/10/2015 19:15	6/10/2015 19:45	35:45:00
5/10/2015 8:10	9/10/2015 17:30	9/10/2015 18:00	105:20:00
8/10/2015 18:45	9/10/2015 12:10	9/10/2015 12:10	17:25

Table 121 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 10^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδωμα
9/10/2015 6:45	9/10/2015 17:00	9/10/2015 17:15	10:15
9/10/2015 16:10	11/10/2015 18:30	11/10/2015 19:05	50:20:00
9/10/2015 16:45	13/10/2015 14:00	13/10/2015 14:30	93:15:00
10/10/2015 7:30	13/10/2015 13:30	13/10/2015 13:30	78:00:00
10/10/2015 10:10	11/10/2015 21:00	11/10/2015 21:10	34:50:00
12/10/2015 7:00	14/10/2015 6:10	14/10/2015 7:30	47:10:00
12/10/2015 7:30	13/10/2015 13:00	13/10/2015 13:45	29:30:00
12/10/2015 6:40	13/10/2015 17:00	13/10/2015 17:30	34:20:00
12/10/2015 6:10	14/10/2015 16:45	14/10/2015 17:15	58:35:00
12/10/2015 0:30	13/10/2015 10:05	13/10/2015 10:10	33:35:00
12/10/2015 8:00	12/10/2015 19:00	12/10/2015 19:00	11:00
12/10/2015 9:00	12/10/2015 21:00	12/10/2015 21:00	12:00
13/10/2015 11:00	14/10/2015 13:45	14/10/2015 13:45	26:45:00
14/10/2015 6:40	17/10/2015 17:15	17/10/2015 17:15	82:35:00
14/10/2015 8:30	14/10/2015 19:00	14/10/2015 19:00	10:30
15/10/2015 7:00	20/10/2015 21:05	20/10/2015 22:00	134:05:00
16/10/2015 7:30	19/10/2015 19:40	19/10/2015 20:10	84:10:00
15/10/2015 18:50	16/10/2015 13:10	16/10/2015 13:10	18:20
19/10/2015 7:20	20/10/2015 15:40	20/10/2015 15:40	32:20:00
17/10/2015 17:00	24/10/2015 18:00	24/10/2015 18:00	169:00:00
16/10/2015 18:30	17/10/2015 5:30	17/10/2015 5:40	11:00
17/10/2015 12:30	23/10/2015 23:30	23/10/2015 23:30	155:00:00
19/10/2015 7:40	20/10/2015 20:30	20/10/2015 21:00	36:50:00
19/10/2015 8:30	20/10/2015 15:30	20/10/2015 16:00	31:00:00
18/10/2015 19:30	19/10/2015 7:00	19/10/2015 7:00	11:30
20/10/2015 9:40	27/10/2015 19:30	27/10/2015 20:00	177:50:00
21/10/2015 6:40	23/10/2015 13:10	23/10/2015 13:10	54:30:00
21/10/2015 7:20	21/10/2015 21:00	21/10/2015 21:15	13:40
21/10/2015 6:30	21/10/2015 17:00	21/10/2015 17:00	10:30
22/10/2015 10:00	23/10/2015 20:40	23/10/2015 21:00	34:40:00
23/10/2015 14:45	24/10/2015 12:15	24/10/2015 12:15	21:30
23/10/2015 16:30	24/10/2015 13:25	24/10/2015 13:25	20:55
25/10/2015 13:10	27/10/2015 20:05	27/10/2015 20:40	54:55:00
27/10/2015 6:30	29/10/2015 15:00	29/10/2015 15:15	56:30:00
27/10/2015 7:50	30/10/2015 14:15	30/10/2015 14:30	78:25:00
27/10/2015 6:20	28/10/2015 0:15	27/10/2015 23:50	17:55
28/10/2015 14:15	29/10/2015 1:10	29/10/2015 1:30	10:55
29/10/2015 11:10	6/11/2015 7:05	6/11/2015 7:15	187:55:00
30/10/2015 14:30	1/11/2015 9:00	1/11/2015 9:00	42:30:00
30/10/2015 14:35	31/10/2015 16:30	31/10/2015 17:00	25:55:00
30/10/2015 14:55	1/11/2015 10:00	1/11/2015 10:00	43:05:00
1/11/2015 7:20	6/11/2015 6:10	6/11/2015 6:30	118:50:00
31/10/2015 10:15	6/11/2015 7:45	6/11/2015 21:45	141:30:00
1/11/2015 6:20	6/11/2015 6:35	6/11/2015 7:30	120:15:00
1/11/2015 7:05	6/11/2015 7:20	6/11/2015 7:40	120:15:00
1/11/2015 12:20	6/11/2015 8:40	6/11/2015 9:00	116:20:00
3/11/2015 2:00	3/11/2015 13:15	3/11/2015 13:15	11:15
3/11/2015 11:55	3/11/2015 21:00	3/11/2015 21:00	9:05
6/11/2015 10:50	7/11/2015 10:30	7/11/2015 10:30	23:40
6/11/2015 7:15	6/11/2015 20:00	6/11/2015 20:00	12:45

Table 122 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 11^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
6/11/2015 8:10	9/11/2015 13:40	9/11/2015 14:00	5:30
6/11/2015 7:40	9/11/2015 18:55	9/11/2015 19:15	83:15:00
6/11/2015 8:30	10/11/2015 17:00	10/11/2015 17:25	104:30:00
5/11/2015 18:10	6/11/2015 13:40	6/11/2015 13:40	19:30
6/11/2015 9:55	11/11/2015 16:30	11/11/2015 16:30	126:35:00
7/11/2015 6:40	9/12/2015 13:00	10/12/2015 20:05	774:20:00
6/11/2015 12:15	13/11/2015 16:45	13/11/2015 16:45	172:30:00
6/11/2015 17:50	9/11/2015 19:25	9/11/2015 19:45	73:35:00
9/11/2015 6:30	11/11/2015 12:30	11/11/2015 13:00	54:00:00
9/11/2015 7:50	10/11/2015 11:50	10/11/2015 12:30	28:00:00
8/11/2015 7:00	10/11/2015 20:30	10/11/2015 21:00	61:30:00
8/11/2015 8:05	8/11/2015 16:10	8/11/2015 16:10	8:05
8/11/2015 21:00	9/11/2015 9:30	9/11/2015 9:30	12:30
11/11/2015 6:30	11/11/2015 21:00	11/11/2015 21:00	14:30
10/11/2015 1:30	10/11/2015 13:30	10/11/2015 13:16	12:00
10/11/2015 21:30	11/11/2015 9:30	11/11/2015 9:30	12:00
11/11/2015 6:30	13/11/2015 12:00	13/11/2015 12:30	53:30:00
12/11/2015 0:15	16/11/2015 17:40	16/11/2015 17:40	113:25:00
12/11/2015 12:20	13/11/2015 12:20	13/11/2015 12:20	24:00:00
12/11/2015 13:40	16/11/2015 14:30	16/11/2015 15:00	96:50:00
12/11/2015 17:20	13/11/2015 12:30	13/11/2015 12:30	19:10
13/11/2015 7:20	19/11/2015 6:10	19/11/2015 6:50	142:50:00
14/11/2015 1:15	14/11/2015 13:00	14/11/2015 13:05	11:45
14/11/2015 7:30	17/11/2015 18:30	17/11/2015 18:30	83:00:00
16/11/2015 6:20	20/11/2015 20:30	20/11/2015 21:00	110:10:00
16/11/2015 8:00	19/11/2015 7:10	19/11/2015 7:50	71:10:00
17/11/2015 6:30	24/11/2015 15:00	24/11/2015 15:00	176:30:00
17/11/2015 0:45	17/11/2015 12:30	17/11/2015 12:30	11:45
18/11/2015 6:30	18/11/2015 14:30	18/11/2015 14:30	8:00
18/11/2015 15:10	19/11/2015 18:22	19/11/2015 19:00	27:12:00
19/11/2015 7:55	19/11/2015 18:05	19/11/2015 18:20	10:10
20/11/2015 6:50	21/11/2015 12:00	21/11/2015 12:20	29:10:00
20/11/2015 13:45	25/11/2015 22:20	25/11/2015 22:30	128:35:00
21/11/2015 10:30	24/11/2015 12:10	24/11/2015 12:10	73:40:00
20/11/2015 18:15	21/11/2015 11:35	21/11/2015 11:35	17:20
23/11/2015 6:15	24/11/2015 13:50	24/11/2015 14:10	31:35:00
23/11/2015 8:00	25/11/2015 21:05	25/11/2015 21:30	61:05:00
23/11/2015 7:10	24/11/2015 12:00	24/11/2015 12:40	28:50:00
23/11/2015 1:15	23/11/2015 13:30	23/11/2015 13:40	12:15
23/11/2015 6:10	24/11/2015 21:00	24/11/2015 21:00	38:50:00
23/11/2015 15:40	26/11/2015 7:00	26/11/2015 7:00	63:20:00
25/11/2015 22:45	26/11/2015 10:00	26/11/2015 11:40	11:15
26/11/2015 6:30	26/11/2015 17:30	26/11/2015 17:45	11:00
27/11/2015 6:30	28/11/2015 18:00	28/11/2015 18:20	35:30:00
27/11/2015 8:00	1/12/2015 22:00	1/12/2015 22:30	110:00:00
27/11/2015 9:15	28/11/2015 13:30	28/11/2015 13:30	28:15:00
30/11/2015 6:25	4/12/2015 22:35	4/12/2015 23:00	112:10:00
28/11/2015 2:00	28/11/2015 13:15	28/11/2015 13:30	11:15
30/11/2015 15:10	4/12/2015 23:05	4/12/2015 23:15	103:55:00
30/11/2015 13:35	2/12/2015 21:00	2/12/2015 21:20	55:25:00

Table 123 Στοιχεία λιμένα Θεσσαλονίκης για τα πλοία bulk, έτος 2015. (πίνακας 12^{ος})

Πρόσδεση	Απόδεση	Αναχώρηση	Χρόνος παραμονής στο κρηπίδιωμα
30/11/2015 17:00	1/12/2015 4:45	1/12/2015 4:45	11:45
30/11/2015 17:18	1/12/2015 16:15	1/12/2015 16:15	22:57
1/12/2015 11:00	2/12/2015 13:30	2/12/2015 13:30	26:30:00
2/12/2015 11:00	12/1/2016 15:20	12/1/2016 15:20	988:20:00
3/12/2015 7:10	7/12/2015 18:45	7/12/2015 18:50	107:35:00
4/12/2015 9:10	8/12/2015 19:30	8/12/2015 20:10	106:20:00
7/12/2015 12:10	9/12/2015 18:50	9/12/2015 19:10	54:40:00
7/12/2015 7:15	8/12/2015 20:20	8/12/2015 20:20	37:05:00
5/12/2015 17:45	7/12/2015 11:30	7/12/2015 11:35	41:45:00
7/12/2015 6:30	7/12/2015 15:30	7/12/2015 15:40	9:00
7/12/2015 6:30	8/12/2015 12:00	8/12/2015 12:30	29:30:00
6/12/2015 12:30	6/12/2015 20:30	6/12/2015 20:30	8:00
7/12/2015 7:55	15/12/2015 19:50	15/12/2015 20:15	203:55:00
7/12/2015 8:45	10/12/2015 11:55	10/12/2015 12:30	75:10:00
8/12/2015 6:45	9/12/2015 13:30	9/12/2015 13:50	30:45:00
13/12/2015 0:50	13/12/2015 12:15	13/12/2015 12:15	11:25
14/12/2015 6:15	17/12/2015 14:20	17/12/2015 15:15	80:05:00
14/12/2015 7:30	16/12/2015 16:40	16/12/2015 16:40	57:10:00
14/12/2015 7:15	16/12/2015 22:00	16/12/2015 22:20	62:45:00
14/12/2015 6:30	15/12/2015 18:15	15/12/2015 18:15	35:45:00
15/12/2015 6:30	15/12/2015 18:00	15/12/2015 18:00	11:30
15/12/2015 7:00	19/12/2015 12:30	19/12/2015 12:30	101:30:00
16/12/2015 8:10	19/12/2015 14:40	19/12/2015 15:00	78:30:00
16/12/2015 8:40	18/12/2015 22:30	18/12/2015 22:30	61:50:00
16/12/2015 11:10	17/12/2015 20:00	17/12/2015 20:20	32:50:00
17/12/2015 6:30	7/1/2016 9:10	7/1/2016 9:10	506:40:00
17/12/2015 7:45	18/12/2015 19:40	18/12/2015 19:40	35:55:00
18/12/2015 1:30	19/12/2015 4:00	19/12/2015 4:00	26:30:00
19/12/2015 6:20	23/12/2015 14:30	23/12/2015 15:00	104:10:00
19/12/2015 8:45	23/12/2015 15:10	23/12/2015 15:30	102:25:00
21/12/2015 11:00	23/12/2015 21:15	23/12/2015 21:45	58:15:00
21/12/2015 12:00	22/12/2015 15:30	22/12/2015 16:00	27:30:00
21/12/2015 10:10	23/12/2015 12:30	23/12/2015 13:00	50:20:00
22/12/2015 13:00	24/12/2015 12:00	24/12/2015 12:00	47:00:00
21/12/2015 10:30	22/12/2015 17:45	22/12/2015 17:45	31:15:00
22/12/2015 9:40	22/12/2015 20:00	22/12/2015 20:20	10:20
23/12/2015 9:00	28/12/2015 22:10	28/12/2015 22:40	133:10:00
24/12/2015 16:30	25/12/2015 10:00	25/12/2015 10:00	17:30
24/12/2015 18:10	28/12/2015 18:45	28/12/2015 18:45	96:35:00
28/12/2015 8:15	29/12/2015 19:30	29/12/2015 19:55	35:15:00
28/12/2015 7:50	30/12/2015 15:40	30/12/2015 16:30	55:50:00
27/12/2015 8:20	30/12/2015 19:00	30/12/2015 19:30	82:40:00
27/12/2015 21:55	28/12/2015 8:30	28/12/2015 8:45	10:35
29/12/2015 7:00	2/1/2016 13:40	2/1/2016 14:20	102:40:00
30/12/2015 6:40	31/12/2015 16:30	31/12/2015 17:00	33:50:00
5/1/2016 6:40	5/1/2016 19:00	5/1/2016 19:25	12:20

8.2 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων AxitecAXIpowerAC-280P/156-60S.

AXIpower

AC-260P/156-60S
AC-265P/156-60S
AC-270P/156-60S
AC-275P/156-60S
AC-280P/156-60S

www.axitecsolar.com

AXITEC

high quality german solar brand

Distributed by:

CE

Electrical data (at standard conditions (STC) irradiance 1000 watt/m², spectrum AM 1,5 at a cell temperature of 25°C)

Type	Nominal output P _{mp}	Nominal voltage U _{mp}	Nominal current I _{mp}	Short circuit current I _{sc}	Open circuit voltage U _{oc}	Module conversion efficiency
AC-260P/156-60S	260 Wp	30,92 V	8,43 A	9,01 A	38,00 V	15,98 %
AC-265P/156-60S	265 Wp	30,98 V	8,60 A	9,20 A	38,16 V	16,29 %
AC-270P/156-60S	270 Wp	31,12 V	8,71 A	9,25 A	38,21 V	16,60 %
AC-275P/156-60S	275 Wp	31,25 V	8,83 A	9,32 A	38,29 V	16,90 %
AC-280P/156-60S	280 Wp	31,48 V	8,90 A	9,37 A	38,61 V	17,21 %

Design

Frontside: 3,2 mm hardened, low-reflection white glass

Cells: 60 polycrystalline high efficiency cells 156 mm x 156 mm (6")

Backside: Composite film

Frame: 35 mm silver anodized aluminium frame

Mechanical data

L x W x H: 1640 x 992 x 35 mm

Weight: 18,0 kg with frame

Power connection

Socket: Protection Class IP67 (3 bypass diodes)

Wire: approx. 1,1 m, 4 mm²

Plug-in system: Plug/socket IP67

Limit values

System voltage: 1000 VDC

NOCT (nominal operating cell temperature)*: 45°C +/-2K

Max. load-carrying capacity: 5400 Nm²

Reverse current feed IR: 16,0 A

Permissible operating temperature: -40°C to 85°C / -40F to 185F

(No external voltages greater than U_{oc} may be applied to the module)

* NOCT, irradiance 800 W/m²; AM 1,5; wind speed 1 m/s; Temperature 20°C

Temperature coefficients

Voltage U_{oc}: -0,30 %/K

Current I_{sc}: 0,04 %/K

Output P_{mp}: -0,42 %/K

Low-light performance (Example for AC-260P/156-60S)

I-V characteristic curve	Current I _{pp}	Voltage U _{pp}
200 W/m ²	1,70 A	30,10 V
400 W/m ²	3,42 A	30,15 V
600 W/m ²	5,11 A	30,52 V
800 W/m ²	6,82 A	30,86 V
1000 W/m ²	8,43 A	30,92 V

Packaging

Module pieces per pallet: 30

Module pieces per HC-container: 840

All dimensions in mm

Figure 77 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων AxitecAXIpowerAC-280P/156-60S που χρησιμοποιήθηκαν.

8.3 Στοιχεία μετατροπέα ABB TRIO-8.5-TL-OUTD-S

Technical data and types			
Type code	TRIO-5.8-TL-OUTD	TRIO-7.5-TL-OUTD	TRIO-8.5-TL-OUTD
Input side			
Absolute maximum DC input voltage (V_{DCmax})	1000 V		
Start-up DC input voltage (V_{DCst})	350 V (adj. 200...500 V)		
Operating DC input voltage range ($V_{DCmin}...V_{DCmax}$)	0.7 x V_{DCst} ...950 V (min 200 V)		
Rated DC input voltage (V_{DC})	620 V		
Rated DC input power (P_{DC})	5950 W	7650 W	8700 W
Number of independent MPPT	1	2	2
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{MPPTmax}$)	6050 W Linear derating from max to null [800 V ≤ V_{DCst} ≤ 950 V]	4800 W	4800 W
MPPT input DC voltage range ($V_{MPPTmin}...V_{MPPTmax}$) at P_{DC}	320...800 V	-	-
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{DC}	-	320...800 V	320...800 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	-	Linear derating from max to null [800 V ≤ V_{DCst} ≤ 950 V]	
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{DC} , max unbalance example	-	4800 W [320 V ≤ V_{DCst} ≤ 800 V] the other channel: P_{DC} -4800 W [215 V ≤ V_{DCst} ≤ 800 V]	4800 W [320 V ≤ V_{DCst} ≤ 800 V] the other channel: P_{DC} -4800 W [290 V ≤ V_{DCst} ≤ 800 V]
Maximum DC input current (I_{DCmax}) / for each MPPT	18.9 A	30.0 A / 15.0 A	30.0 A / 15.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	24.0 A	20.0 A	20.0 A
Number of DC input pairs for each MPPT	2 (-S version)		
DC connection type	PV quick fit connector 30on -S version / Screw terminal block on standard version		
Input protection			
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source		
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes, 4		
Photovoltaic array isolation control	According to local standard		
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	16 A / 1000 V, 25 A / 800 V		
Output side			
AC grid connection type	Three-phase 3W+PE or 4W+PE		
Rated AC power (P_{AC} at $\cos\phi=1$)	5800 W	7500 W	8500 W
Maximum apparent power (S_{max})	5800 VA	7500 VA	8500 VA
Rated AC grid voltage (V_{AC})	400 V		
AC voltage range	320...480 V *		
Maximum AC output current (I_{ACmax})	10.0 A	12.5 A	14.5 A
Contributory fault current	12.0 A	14.5 A	16.5 A
Rated output frequency (f)	50 Hz / 60 Hz		
Output frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ²⁾		
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with P_{AC} = 5.22 kW, ± 0.8 with max 5.8 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with P_{AC} = 6.75 kVA, ± 0.8 with max 7.5 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with P_{AC} = 7.65 kW, ± 0.8 with max 8.5 kVA
Total current harmonic distortion	< 2%		
AC connection type	Screw terminal block, cable gland M32		
Output protection			
Anti-islanding protection	According to local standard		
Maximum external AC overcurrent protection	16.0 A	16.0 A	20.0 A
Output over voltage protection - varistor	4 plus gas arrester		
Operating performance			
Maximum efficiency (η_{max})	98.0%		
Weighted efficiency (EURO/CEC)	97.4% / -	97.5% / -	97.5% / -
Feed in power threshold	32 W	36 W	36 W
Night consumption	< 3 W		

Figure 78 Στοιχεία μετατροπέα ABB TRIO-8.5-TL-OUTD-S (α).

Technical data and types

Type code	TRIO-5.8-TL-OUTD	TRIO-7.5-TL-OUTD	TRIO-8.5-TL-OUTD
Communication			
Wired local monitoring	Ethernet card with webserver (opt.), PVI-USB-RS232_485 (opt.)		
Remote monitoring	Ethernet card (opt.), VSN300 Wifi Logger Card (opt.), VSN700 Data Logger (opt.)		
Wireless local monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.)		
User interface	Graphic display		
Environmental			
Ambient temperature range	-25...+60°C / -13...140°F with derating above 50°C/122°F		
Relative humidity	0...100% condensing		
Sound pressure level, typical	50 dBA @ 1 m		
Maximum operating altitude without derating	2000 m / 6560 ft		
Physical			
Environmental protection rating	IP65		
Cooling	Natural		
Dimension (H x W x D)	641mm x 429 mm x 220 mm / 25.2" x 16.9" x 8.7" (855 mm x 429 mm x 237 mm / 33.7" x 16.9" x 9.3" with open front cover)		
Weight	25.0 kg / 55.1 lbs	28.0 kg / 61.7 lbs	28.0 kg / 61.7 lbs
Mounting system	Wall bracket		
Safety			
Isolation level	Transformerless		
Marking	CE (50 Hz only), RCM		
Safety and EMC standard	EN 62109-1, EN 62109-2, AS/NZS3100, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3		
Grid standard (check your sales channel for availability)	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G83/2, G59/3, RD 1699, RD 413, NRS-097-2-1, AS 4777, IEC 61727, IEC 62116, VFR 2014		
Available products variants			
Standard	TRIO-5.8-TL-OUTD-400	TRIO-7.5-TL-OUTD-400	TRIO-8.5-TL-OUTD-400
With DC switch	TRIO-5.8-TL-OUTD-S-400	TRIO-7.5-TL-OUTD-S-400	TRIO-8.5-TL-OUTD-S-400

¹⁾The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard

²⁾The Frequency range may vary depending on specific country grid standard

³⁾Please refer to the document "String Inverters – Product manual appendix" available at www.abb.com/solarinverters for information on the quick-fit connector brand and model used in the inverter

Remark: Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

Figure 79 Στοιχεία μετατροπέα ABB TRIO-8.5-TL-OUTD-S (β).

8.4 Κώδικας υπολογισμού

8.4.1 Δημιουργία αρχείου με τις ημέρες και τις ώρες του μελετώμενου έτους

```
% dhmioyrgei arxeio me tis heromhnies kai tis wres toy etous 2015
clear;
clc;

fid=fopen('hmera_etous2015_limena.csv','w');
month=1;
while (month<=12)

    if (month==1)
        for D_Day=1:31
            for H=1:24
                fprintf(fid,'%i',D_Day)
                fprintf(fid, '/')
                fprintf(fid,'%i',month)
                fprintf(fid, '/2015  ')

                fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
                fprintf(fid, ':00\n');
            endfor
        endfor

    elseif (month==2) % fevrouarios 2015: eixe 28 hmeres!
        for D_Day=1:28
            for H=1:24
                fprintf(fid,'%i',D_Day)
                fprintf(fid, '/')
                fprintf(fid,'%i',month)
                fprintf(fid, '/2015  ')

                fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
                fprintf(fid, ':00\n');
            endfor
        endfor

    elseif(month==3)
        for D_Day=1:31
            for H=1:24
```

```

        fprintf(fid, '%i', D_Day)
        fprintf(fid, '/')
        fprintf(fid, '%i', month)
        fprintf(fid, '/2015  ');

        fprintf(fid, '%i', H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
        fprintf(fid, ':00\n');
    endfor
endfor
elseif (month==4)
    for D_Day=1:30
        for H=1:24
            fprintf(fid, '%i', D_Day)
            fprintf(fid, '/')
            fprintf(fid, '%i', month)
            fprintf(fid, '/2015  ');

            fprintf(fid, '%i', H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
            fprintf(fid, ':00\n');
        endfor
    endfor

elseif (month==5)
    for D_Day=1:31
        for H=1:24
            fprintf(fid, '%i', D_Day)
            fprintf(fid, '/')
            fprintf(fid, '%i', month)
            fprintf(fid, '/2015  ');

            fprintf(fid, '%i', H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
            fprintf(fid, ':00\n');
        endfor
    endfor

elseif (month==6)

```

```

for D_Day=1:30
    for H=1:24
        fprintf(fid,'%i',D_Day)
        fprintf(fid, '/')
        fprintf(fid,'%i',month)
        fprintf(fid, '/2015  ');

        fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
        fprintf(fid, ':00\n');
    endfor
endfor

elseif (month==7)
for D_Day=1:31
    for H=1:24
        fprintf(fid,'%i',D_Day)
        fprintf(fid, '/')
        fprintf(fid,'%i',month)
        fprintf(fid, '/2015  ');

        fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
        fprintf(fid, ':00\n');
    endfor
endfor

elseif (month==8)
for D_Day=1:31
    for H=1:24
        fprintf(fid,'%i',D_Day)
        fprintf(fid, '/')
        fprintf(fid,'%i',month)
        fprintf(fid, '/2015  ');

        fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
        fprintf(fid, ':00\n');
    endfor
endfor

```

```

-----
endfor

elseif (month==9)
for D_Day=1:30
for H=1:24
fprintf(fid,'%i',D_Day)
fprintf(fid, '/')
fprintf(fid,'%i',month)
fprintf(fid, '/2015  ')

fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
fprintf(fid, ':00\n');
endfor
endfor

elseif (month==10)
for D_Day=1:31
for H=1:24
fprintf(fid,'%i',D_Day)
fprintf(fid, '/')
fprintf(fid,'%i',month)
fprintf(fid, '/2015  ')

fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
fprintf(fid, ':00\n');
endfor
endfor

elseif (month==11)
for D_Day=1:30
for H=1:24
fprintf(fid,'%i',D_Day)
fprintf(fid, '/')
fprintf(fid,'%i',month)
fprintf(fid, '/2015  ')

```

```

        fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
        fprintf(fid, ':00\n');
    endfor
endfor

elseif (month==12)
    for D_Day=1:31
        for H=1:24
            fprintf(fid, '%i',D_Day)
            fprintf(fid, '/')
            fprintf(fid, '%i',month)
            fprintf(fid, '/2015  ')

            fprintf(fid, '%i',H-1); %gia na paei apo 00:00 ews 23:00
            fprintf(fid, ':00\n');
        endfor
    endfor

endif

pause(2);
month
month=month+1;

%endfor
endwhile
pause(2);
fclose(fid);

```

8.4.2 Υπολογισμός φορτίου

```
%Lamprinidi Eleni

clear;
clc;

%-- fortio ana eidos ploiou --%
cruise_max_fortio=10000 %kW na mainei se MW???
cruise_min_fortio=8000 %kW

bulk_max_fortio=2000 %kW
bulk_min_fortio=600 %kW

container_max_fortio=2000 %kW
container_min_fortio=600 %kW
%-----%
cruise_matrix_prosdesh=fileread('Cruise_Thessalonikh_prosdesh.csv');
%cruise_matrix_apodesh=fileread('Cruise_Thessalonikh_apodesh.csv'); %axrhsto
matrix_hmeromhnia=fileread('hmera_etous2015_limena.csv');
cruise_prosdesh_str=strsplit(cruise_matrix_prosdesh);
%cruise_apodesh_str=strsplit(cruise_matrix_apodesh);
hmeromhnia_str=strsplit(matrix_hmeromhnia);

container_matrix_prosdeshs=fileread('Container_Thessalonikh_prosdesh.csv');
container_prosdeshs_str=strsplit(container_matrix_prosdeshs);

bulk_matrix_prosdeshs=fileread('Bulk_Thessalonikh_prosdesh.csv');
bulk_prosdeshs_str=strsplit(bulk_matrix_prosdeshs);

size_file_hmeromhnias=size(hmeromhnia_str,2)
size_file_cruise_prosdeshs=size(cruise_prosdesh_str,2)
size_file_container_prosdeshs=size(container_prosdeshs_str,2)
size_file_bulk_prosdeshs=size(bulk_prosdeshs_str,2)

%-- diärkeia paramonhs --%
cruise_diarkeia_paramonhs= csvread('Cruise_diarkeia_paramonhs.csv');
```

```

if (hmeromhnia_str{1,i+1} ==cruise_prosdesh_str{1,j+1}) %evresh ths wras
sprintf('Hour Yes!')
cruise_prosdesh_str{1,j}
cruise_prosdesh_str{1,j+1}
%ftiaje pinaka me ta fortia kai meta bale ta se arxeio me mia stlh
wres_paramonhs_cruise= cruise_diarkeia_paramonhs((j+1)/2,1)
for seira=((i+1)/2):(((i+1)/2)+wres_paramonhs_cruise)
    %metrame mia wra parapanv, logv stroggylopohshs ths wras prosdeshs kai apodeshs alliws thelei -1
    if (seira<=size(fortio_matrix,1))
        fortio_matrix(seira,1)=fortio_matrix(seira,1)+randi([cruise_min_fortio cruise_max_fortio]);
    else
        break;
    endif
endfor
counter=counter+1
else
    %do nothing
    hmeromhnia_str{1,i};
    cruise_prosdesh_str{1,j};
endif
else
    %do nothing
endif

else
    %do nothing
endif

endif
endfor

```

```

%---- container -----%
% se jexvrsto for gia tis hmeromhnies!
for f=1:2:size_file_container_prosdeshs
    if (size(hmeromhnia_str{1,i},2)== size(container_prosdeshs_str{1,f},2))
        %elegxos megethoys dioti h hmeromhnia den einai symplhrvmenh me mhdenika
        if (hmeromhnia_str{1,i}==container_prosdeshs_str{1,f}) %elegxos hmeromhnias
            sprintf('Yes!');

            if (size(hmeromhnia_str{1,i+1},2)==size(container_prosdeshs_str{1,f+1},2))
                %elegxos megethoys wras, epeidh den einai symplhrvmenes oi theseis me mhdenika

                if (hmeromhnia_str{1,i+1} ==container_prosdeshs_str{1,f+1}) %evresh ths wras
                    sprintf('Hour Yes!')
                    container_prosdeshs_str{1,f}
                    container_prosdeshs_str{1,f+1}
                    %ftiaje pinaka me ta fortia kai meta bale ta se arxeio me mia stlh
                    wres_paramonhs_container= container_diarkeia_paramonhs((f+1)/2,1)
                    for seira=((i+1)/2):(((i+1)/2)+wres_paramonhs_container)
                        %%metrame mia wra parapanv, logv stroggylopoihs ths wras prosdeshs kai apodeshs alliws thelei -1
                        if (seira<=size(fortio_matrix,1))
                            fortio_matrix(seira,1)=fortio_matrix(seira,1)+randi([container_min_fortio container_max_fortio]);
                        else
                            break;
                        endif
                    endfor
                    %f=f+2;
                    counter=counter+1
                endif
            endif
        endif
    endfor
%---- end of container -----%

```

```

%----- Bulk -----%
for n=1:2:size_file_bulk_prosdeshs
    if (size(hmeromhnia_str{1,i},2)== size(bulk_prosdeshs_str{1,n},2))
        %elegxos megethoys dioti h hmeromhnia den einai symplhrvmenh me mhdenika
        if (hmeromhnia_str{1,i}==bulk_prosdeshs_str{1,n}) %elegxos hmeromhnias
            sprintf('Yes!');
        if (size(hmeromhnia_str{1,i+1},2)==size(bulk_prosdeshs_str{1,n+1},2))
            %elegxos megethoys wras, epeidh den einai symplhrvmenes oi theseis me mhdenika
            if (hmeromhnia_str{1,i+1} ==bulk_prosdeshs_str{1,n+1}) %evresh ths wras
                sprintf('Hour Yes!')
                bulk_prosdeshs_str{1,n}
                bulk_prosdeshs_str{1,n+1}
                %ftiaje pinaka me ta fortia kai meta bale ta se arxeio me mia stlh
                wres_paramonhs_bulk= bulk_diarkeia_paramonhs((n+1)/2,1)
                for seira=((i+1)/2):(((i+1)/2)+wres_paramonhs_bulk)
                    %%metrame mia wra parapanv, logv stroggylopoihs ths wras prosdeshs kai apodeshs alliws thelei -1
                    if (seira<=size(fortio_matrix,1))
                        fortio_matrix(seira,1)=fortio_matrix(seira,1)+randi([bulk_min_fortio bulk_max_fortio]);
                    else
                        break;
                    endif
                endfor
                counter=counter+1
            endif
        endif
    endif
endfor

%----- end of Bulk -----%
-----/o ./.

```

```

    pause(0.1);
endfor
max(fortio_matrix)
fid=fopen('test_fortio2015_limenaTotal.csv','w');
##fid=fopen('cruise_fortio_limena.csv','w');
csvwrite(fid,fortio_matrix);
fclose(fid);

```



```

if (day_of_week==6)
    xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(x
    revsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
    Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day);
endif

if (day_of_week==7)
    xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(x
    revsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
    Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day);
    if (hour_of_day==24)
        day_of_week=0;
    endif
endif

%gia th xrevsh toy systhmatos metaforas
if ((hour_of_day >=11) && (hour_of_day<=14) )
    max_xrevstea_isxys_systhmatos_metaforas(month)=max(max_xrevstea_isxys_systhmatos
    _metaforas(month), Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
endif

xrevsh_energeias_diktuou_dianomhs(month)=xrevsh_energeias_diktuou_dianomhs(month)+
Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day)*diktuo_dianomhs_xrevsh_energeias;

xrevsh_loipvn_xrevsevn(month)=xrevsh_loipvn_xrevsevn(month)+loipes_xrevseis*Fortio
_timologhshs(day_of_year, hour_of_day);
xrevsh_ETEAR(month)=xrevsh_ETEAR(month)+ETEAR*Fortio_timologhshs(day_of_year,
hour_of_day);
xrevsh_YKV(month)=xrevsh_YKV(month)+ YKV*Fortio_timologhshs(day_of_year,
hour_of_day);

endfor
endifor

elseif (month==2)
for day_of_Month=1:28
    day_of_week=day_of_week+1;
    day_of_year = day_of_year+1;
    for hour_of_day = 1:24
        if ((day_of_week>=1) && (day_of_week<=5))
            if ((hour_of_day>6) && (hour_of_day<24))
                max_xrevstea_isxus(month) = max(max_xrevstea_isxus(month),
                Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day) );
            endif
        endif
    endfor

    xrevsh_energeias_vres_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_aixmhs(month)+(xrevsh_en
    ergeias_7Me23*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
    else
        xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(xre
        vsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
    endif
endif

if (day_of_week==6)
    xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(x
    revsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
    endif

if (day_of_week==7)
    xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(xre

```



```

vsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
if (hour_of_day==24)
    day_of_week=0;
endif
endif

%gia th xrevsh toy systhmatos metaforas
if ((hour_of_day >=11) && (hour_of_day<=14) )

    max_xrevstea_isxys_systhmatos_metaforas(month)=max(max_xrevstea_isxys_systhmatos_m
etaforas(month), Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
endif

xrevsh_energeias_diktuou_dianomhs(month)=xrevsh_energeias_diktuou_dianomhs(month)+Fo
rtio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day)*diktuou_dianomhs_Xrevsh_Energeias;

xrevsh_loipvn_xrevsevn(month)=xrevsh_loipvn_xrevsevn(month)+loipes_xrevseis*Fortio_t
imologhshs(day_of_year, hour_of_day);
xrevsh_ETEAR(month)=xrevsh_ETEAR(month)+ETEAR*Fortio_timologhshs(day_of_year,
hour_of_day);
xrevsh_YKV(month)=xrevsh_YKV(month)+ YKV*Fortio_timologhshs(day_of_year,
hour_of_day);

endifor
endifor

else %month == 4 or 6 or 9 or 11

for day_of_Month=1:30
    day_of_week=day_of_week+1;
    day_of_year = day_of_year+1;

    for hour_of_day = 1:24
        if ((day_of_week>=1) && (day_of_week<=5))
            if ((hour_of_day>6) && (hour_of_day<24))
                max_xrevstea_isxus(month) = max(max_xrevstea_isxus(month),
                Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day) );

                xrevsh_energeias_vres_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_aixmhs(month)+(xrevsh_en
ergeias_7Me23*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
            else
                xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(xre
vsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
            endif
        endif

    endif

    if (day_of_week==6)

        xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(x
revsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
    endif

    if (day_of_week==7)

        xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)=xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month)+(xre
vsh_energeias_23_ME7*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
        if (hour_of_day==24)
            day_of_week=0;
        endif
    endif

    %gia th xrevsh toy systhmatos metaforas
    if ((hour_of_day >=11) && (hour_of_day<=14) )

        max_xrevstea_isxys_systhmatos_metaforas(month)=max(max_xrevstea_isxys_systhmatos_m
etaforas(month), Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day));
    endif
endif

```

```

xrevsh_energeias_diktuou_dianomhs(month)=xrevsh_energeias_diktuou_dianomhs(month)+Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day)*diktuo_dianomhs_Xrevsh_Energeias;

xrevsh_loipvn_xrevsevn(month)=xrevsh_loipvn_xrevsevn(month)+loipes_xrevseis*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day);
xrevsh_ETEAR(month)=xrevsh_ETEAR(month)+ETEAR*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day);
xrevsh_YKV(month)=xrevsh_YKV(month)+YKV*Fortio_timologhshs(day_of_year, hour_of_day);

endfor

endfor

endif

xrevstea_zhthsh(month)=syntelesths_xrevsteas_isxuos*max_xrevstea_isxuos(month)*1; %kW
xrevsh_isxuos(month)=suntelesths_xrevshs_isxuos*xrevstea_zhthsh(month); %eurv

xrevsh_energeias(month)=xrevsh_energeias_vres_aixmhs(month)+xrevsh_energeias_vres_mh_aixmhs(month);
max_xrevstea_isxys_sythmatos_metaforas;
xrevsh_sythmatos_metaforas(month)=Systyma_metaforas_Xrevsh_Isxuos*max_xrevstea_isxys_sythmatos_metaforas(month); %eurv
xrevsh_diktuou_dianomhs(month)=diktuo_dianomhs_Xrevsh_Isxuos*max_xrevstea_isxys_sythmatos_metaforas(month)+xrevsh_energeias_diktuou_dianomhs(month)/syntelesths_isxuos;
mhniaio_synolo(month)=xrevsh_isxuos(month)+xrevsh_energeias(month)+xrevsh_sythmatos_metaforas(month)+xrevsh_diktuou_dianomhs(month);
Total_loipes_xrevseis=Total_loipes_xrevseis+xrevsh_loipvn_xrevsevn(month);
Total_ETEAR=Total_ETEAR+xrevsh_ETEAR(month);
Total_YKV=Total_YKV+xrevsh_YKV(month);
Total_timologio=Total_timologio+mhniaio_synolo(month);

endfor
Total_timologio=Total_timologio+Total_loipes_xrevseis+Total_ETEAR+Total_YKV;
%xrevsh_energeias %eurv
%mhniaio_synolo pinakas %eurv
%Ethsieis loipes xrevseis %eurv
%xrevseis ETEAR= %eurv
%xrevseis_YKV= %eurv
%-----%

%--- ypologismos kostoys fotovoltaikvn & agoras ektashs---%
%----- dedomena PV -----%
C_PV_nom=0.28*plththos_PV; %kW
T_PV=15; % xronos zvhs fvtoboltaikvn
i_r=0.08; % - 8%
prosaujshs=1.15; % (15% prosaujshs)
%-----%

CRF_PV=((1+i_r)^T_PV*i_r)/(((1+i_r)^T_PV)-1); %i_r to apoplththorismeno epitokio
cost_panel_per_kW=(122*1000/280)*0.24+((122+24)*1000)/280; %dedomeno kostos egkatakastashs ana kW #exei prostethei to FPA (24%) kai to kostos metaforas sthn Eurwph (24 eyro per panel)
cost_inverter_per_kW=(1499/8.5)*0.24+((1499+69)/8.5); % kostos metatropea (1499 per 8.5kW, me FPA 24% kai metaforika 69 euro per inverter)
cost_PV_per_kW=cost_panel_per_kW+cost_inverter_per_kW;
%gia agora 1 panel 280Wp to kostos einai 122eurw => to tostos 1kW einai 435.7 eurw

Cost_PV=CRF_PV*C_PV_nom*cost_PV_per_kW*prosaujshs;

%--- agora ektashs---%
T_aposbesh_ektashs=25;
epitokio_ektashs=0.08;
Tetragnika_ektashs=plththos_PV*1.6*1.56;
kostos_5eurv_ana_m2=Tetragnika_ektashs*5*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);

```

```

kostos_50eurv_ana_m2=Tetragvnikia_ektashs*50*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_100eurv_ana_m2=Tetragvnikia_ektashs*100*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_200eurv_ana_m2=Tetragvnikia_ektashs*200*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_500eurv_ana_m2=Tetragvnikia_ektashs*500*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_1000eurv_ana_m2=Tetragvnikia_ektashs*1000*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);

%synoliko kostos egkatastashs photovoltaikvn gia diaforetikies times agoras ektashs
%- otan plhthos PV=0 tote Total_cost_PV=0 gia kathe timh agoras agrotemaxioy
Total_cost_PV_5= Cost_PV+kostos_5eurv_ana_m2 ;
Total_cost_PV_50= Cost_PV+kostos_50eurv_ana_m2;
Total_cost_PV_100= Cost_PV+kostos_100eurv_ana_m2;
Total_cost_PV_200= Cost_PV+kostos_200eurv_ana_m2;
Total_cost_PV_500= Cost_PV+kostos_500eurv_ana_m2;
Total_cost_PV_1000= Cost_PV+kostos_1000eurv_ana_m2;
%-----%

%--- ypologismos kostoys systhmatos psuxrhs ekkinhshs---%
T_CI= 25; %eth %xronos zvhs M/S
#enas metasxhmatisths tvn 30kVA kostizei 30000 eurv
cost_MS_per_kVA = (30000 / 30); %kostos metasxhmatisth
%%% kVA_Metasxhmatisth = 50000 %diaforetiko se kathe senario
kVA_Metatrophea= kVA_Metasxhmatisth; % 50000 %diaforetiko se kathe senario
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! sbhsimo autou
cost_MT_per_kVA = 880000/7000; %kostos metatrophea
Costos_Kefalaioy_CI= (cost_MS_per_kVA * kVA_Metasxhmatisth
)+(cost_MT_per_kVA*kVA_Metatrophea);
CRF_CI=((1+i_r)^T_CI*i_r)/(((1+i_r)^T_CI)-1);
Cost_CI=CRF_CI*Costos_Kefalaioy_CI*prosaujshh ; %ethsio kostos metasxhmatisth
%-----%

%--- ypologismos kostoys systhmatos apothhkeushs & agoras ektashs---%
Ypsos_dejamenhs= 4; %m
Tetragvnikia_reservoir= Ogkos_arx / Ypsos_dejamenhs ;
g=9.7; %m/s2 epitaxynsh ths barythtas
h=50; %m ypsometrikh diafora tvn dyo dejamenwn
storage_capacity=Ogkos_arx*997*g*h * (1/3600000);
kW_waterTurbine= (40/556) * storage_capacity;

capital_cost_reservoir= 2*170*Tetragvnikia_reservoir;
% euro/m2 %to kostos gia to anv kai to katv reservoir (phgh: optimized sizing of a
standalone PV-wind-hydropower station with pumped-storage installation hybrid energy
system.)
capital_cost_variable_speed_pump=1075 *kW_waterTurbine;% euro/kW
capital_cost_waterTurbine =1000 *kW_waterTurbine;% euro/kW
epitokio=0.08;
epitokio_ektashs=0.08;
T_reservoir=35; %xronow zvhs
T_pump=10;
T_turbine=10;
T_aposbesh_ektashs= 25;

ethsio_kostos_reservoir=
(((1+epitokio)^T_reservoir)*epitokio)/(((1+epitokio)^T_reservoir)-1) *
capital_cost_reservoir;
ethsio_kostos_pump= (((1+epitokio)^T_pump)*epitokio)/(((1+epitokio)^T_pump)-1) *
capital_cost_variable_speed_pump;
ethsio_kostos_waterTurbine=
(((1+epitokio)^T_turbine)*epitokio)/(((1+epitokio)^T_turbine)-1) *
capital_cost_waterTurbine;

%--- agora_ektashs---%
T_aposbesh_ektashs=25;
epitokio_ektashs=0.08;
Tetragvnikia_ektashs_storage = 2*Tetragvnikia_reservoir;
kostos_storage_5eurv_ana_m2=Tetragvnikia_ektashs_storage*5*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_

```

```

ektashs)*epitokio_ektashs)/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs)-1);
kostos_storage_50eurv_ana_m2=Tetragvnika_ektashs_storage*50*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh
_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_storage_100eurv_ana_m2=Tetragvnika_ektashs_storage*100*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbe
sh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_storage_200eurv_ana_m2=Tetragvnika_ektashs_storage*200*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbe
sh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_storage_500eurv_ana_m2=Tetragvnika_ektashs_storage*500*((1+epitokio_ektashs)^T_aposbe
sh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);
kostos_storage_1000eurv_ana_m2=Tetragvnika_ektashs_storage*1000*((1+epitokio_ektashs)^T_apos
besh_ektashs)*epitokio_ektashs/((1+epitokio_ektashs)^T_aposbesh_ektashs-1);

Total_cost_egkatashtashs_storage_5euro=ethsio_kostos_reservoir+ethsio_kostos_pump+ethsio_kost
os_waterTurbine+kostos_storage_5eurv_ana_m2;
Total_cost_egkatashtashs_storage_50euro=ethsio_kostos_reservoir+ethsio_kostos_pump+ethsio_kos
tos_waterTurbine+kostos_storage_50eurv_ana_m2;
Total_cost_egkatashtashs_storage_100euro=ethsio_kostos_reservoir+ethsio_kostos_pump+ethsio ko
stos_waterTurbine+kostos_storage_100eurv_ana_m2;
Total_cost_egkatashtashs_storage_200euro=ethsio_kostos_reservoir+ethsio_kostos_pump+ethsio ko
stos_waterTurbine+kostos_storage_200eurv_ana_m2;
Total_cost_egkatashtashs_storage_500euro=ethsio_kostos_reservoir+ethsio_kostos_pump+ethsio ko
stos_waterTurbine+kostos_storage_500eurv_ana_m2;
Total_cost_egkatashtashs_storage_1000euro=ethsio_kostos_reservoir+ethsio_kostos_pump+ethsio k
ostos_waterTurbine+kostos_storage_1000eurv_ana_m2;
%-----%

Total_ethsio_kostos_5_euro=Total_timologio + Total_cost_PV_5 + Cost_CI
+Total_cost_egkatashtashs_storage_5euro;
Total_ethsio_kostos_50_euro=Total_timologio + Total_cost_PV_50 + Cost_CI
+Total_cost_egkatashtashs_storage_50euro;
Total_ethsio_kostos_100_euro=Total_timologio + Total_cost_PV_100 + Cost_CI
+Total_cost_egkatashtashs_storage_100euro;
Total_ethsio_kostos_200_euro=Total_timologio + Total_cost_PV_200 + Cost_CI
+Total_cost_egkatashtashs_storage_200euro;
Total_ethsio_kostos_500_euro=Total_timologio + Total_cost_PV_500 + Cost_CI
+Total_cost_egkatashtashs_storage_500euro;
Total_ethsio_kostos_1000_euro=Total_timologio + Total_cost_PV_1000 + Cost_CI
+Total_cost_egkatashtashs_storage_1000euro;
end

```

Η τιμολόγηση για τις υπόλοιπες κατηγορίες τιμολογίου γίνεται με ανάλογο τρόπο, χρησιμοποιώντας τις τιμές του αντίστοιχου τιμολογίου.

8.4.4 Υπολογισμός παραγωγής φωτοβολταϊκών

Ο αλγόριθμος αυτός υπολογίζει την παραγωγή 42000 πλαισίων των 280 Wp στο έτος, ανάλογα με τα πλήθος πλαισίων κάθε φορά ο αλγόριθμος τροποποιείται.

```
% Lamprinidi Eleni
clear;
clc;
%G(i) h hliakh aktinobolia kathe xronikh stigmh i
G= csvread('Solar_radiation_ethsia2015.csv'); % se W/m^2

%T_STC oi thermokrasia stis synthhkes sxediasmou STC , edv 25 bathmous kelsiou
T_STC=25; % --se Kelsiou --%
Alpha=0.9; %syntelesths aporrofhshs ths hliakhs aktinovoliias (apo ton kataskeyasth)
%Eff o bathmos apodoshs toy fotoboltaikou plaisiou
Eff = 0.1721; % estv 17.21% basei toy kataskeyasth

%Uc stathero tmhma syntelesth apvleiwn
Uc=20; % se W/(m^2 K)
%Uv metablhto tmhma syntelesth apvleiwn
Uv=6; % se W/[(m^2 *K)*(m/s)]
%V(i) h taxythta toy anemou kathe xronikh stigmh i %se m/s
V= csvread('wind_speed_ethsia_2015.csv');

%h thermokrasia periballontos kathe xronikh stigmh i se Kelsiou
T_amb = csvread('air_temperature_ethsia2015.csv'); %se Kelsiou
%o thermokrasiakos syntelesths apodoshs toy fotoboltaikou plaisiou basei toy kataskeyasth
a=0.0042; % basei toy kataskeyasth

%P_peak h egkatesthmenh onomastikh isxys tvn fotoboltaikvn plaisivn ana
% stoixeioseira se synthhkes STC, metroymenh se kW

P_peak=1*42000*0.280;

for i=1:8760
    %U(i) o syntelsths apvleiwn
```



```

U(i)=Uc+Uv*V(i); % se W/(m^2 *K)

% T_cell h thermokrasia thw kypselhs kathe xronikh stigmh i se Kelsiou
T_cell(i)=((Alpha*G(i)*(1-Eff))/U(i))+ T_amb(i);% +273; % se Kelsiou
D_Thita(i) = T_cell(i)-T_STC; % -273;

%h stigmiaia theorhtikh isxus ana stoixeioseira kathe xronikh stigmh i
% stoys akrodektes tvn fotovoltaikvn plaisivn

P_PV(i)=(G(i)*P_peak*(1+a*D_Thita(i)))/1000; % se kW

%To P_PV einai ana stoixeioseira
phliko(i)= P_PV(i)/P_peak;

P_PV(1,i);

if (P_PV(i)<0)
    P_PV(i)=0;
elseif (P_PV(i)== -0)
    P_PV(i)=0;
endif

endfor

fid=fopen('Ethsio_Fortio_PV.csv','w');
for i=1:8760
    csvwrite(fid,P_PV(i));
endfor

fclose(fid);

plot(P_PV,'b');
hold on;
legend('Ethsia isxys fvtovoltaikou parkoy P_PV(se kW)');
hold off;

max_phliko=phliko(1)
for i=2:8760
    if (phliko(i)>max_phliko)
        max_phliko=phliko(i)
        i
    endif
endfor

```

8.4.5 Υπολογισμός ωριαίας αποθήκευσης και προσφοράς από το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.

```

% Lamprinidi Eleni
% phgh dedomenvn
% http://hoa.ntua.gr/

## Me antlhsiotamieythra - PV - kai paroxh apo DEH
## pairnei ws dedomena to fortio kai thn paragvgh tvn fvtoboltaikvn

function [P_TH, P_apo_thermikoyks, Energeia_poy_emeine_pros_ejvterikh_synarthsh]=
    Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV, Energeia_poy_exei_krathsei, Ogkos_arx)
% F = a + b P + c P^2
%F pinakas kostoyks [nx3], me F(i, 1)=a, F(i,2)=b, F(i,3)=c
% P_PV <= P_Load

##### eisagwgh dedomenwn #####
%gennhtrivn
F=[5000 200 0.5];
Pl_max=35000; %kW
Pl_min=300; %kW

%ydrohlektrikou
n_hyd_storage=0.8;
n_hyd_gen=0.8;
%Ogkos_arx=7450; %m^3 !!!! bgazei 1MWh
%Ogkos_arx=20000;
h= 50; %ypsometrikh diafora tvn dyo dejamenwn
g=9.7; % epitaxynsh ths barythtas (m/s^2)
convergence_limit= (1/10000)*Ogkos_arx * 997*g*h; %(m^3 * kg/m^3 *m/s^2 *m) J
#####-----#####

T=24;
dT=1;

#####
E_ESS_MAX=Ogkos_arx*997*g*h * (1/3600000); % se(kWh)
E_arx=Energeia_poy_exei_krathsei;
#####

```

```

E_ESS_MIN=0.2*E_ESS_MAX ; % --- 0.2%E_ESS_MAX
P_Hyd_gen_MAX= 107.45; % se kW ---ejartatai apo to strobilo / ESS
P_Hyd_gen_MIN=21.491; %se kW ---ejartatai apo to strobilo / ESS
P_Hyd_storage_MAX=107.45; %se kW ---ejartatai apo to strobilo / ESS
P_Hyd_storage_MIN=21.491; %se kW ---ejartatai apo to strobilo / ESS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% h while ekteleitai gia ena j (j=1:24)
%arxikopoihsh pinakvn
lamda_mean=0;
for j=1:24
    P_Hyd_storage(j)=0;
    P_Hyd_gen(j)=0;
    P_TH(j)=0;
    lamda_TH(j)=F(1,2)+(2*F(1,3)*(P_D(j)-P_PV(j)));
    lamda_mean=lamda_mean+(lamda_TH(j)*dT/T) ;
endfor

for j=1:24
    j; %elegxos
    %% paragvgh usxios apo symbatikes monades xvris apothhkeysh energeias P_THj
    Sum_b_pros_2c = F(1,2)/(2*F(1,3));
    Sum_l_pros_2c = 1/(2*F(1,3));

    P_Load(j)=P_D(j) - P_PV(j); %ajiopoihsh oloy toy fortiou tvn fvtoboltaikvn
    %lamda_TH(j) = ((P_Load(j)+ Sum_b_pros_2c)/Sum_l_pros_2c)
    lamda_TH(j)=F(1,2)+(2*F(1,3)*(P_Load(j))); %P_Load=P_D-P_PV!
    P_TH(j)= (lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
    %---- elegxos orivn thermikvn----%
    if (P_TH(j)<P1_min)
        P_TH(j)=P1_min;
        %P_Load(j)=P_Load(j)-P_TH(j);
        lamda_TH(j)=2*F(1,3)*P_TH(j)+F(1,2); %?
        %flag_oria_thermal=0;
    elseif (P_TH(j)>P1_max)
        P_TH(j)=P1_max;

```



```

    %P_Load(j)=P_Load(j)-P_TH(j);
    lamda_TH(j)=2*F(1,3)*P_TH(j)+F(1,2)
    % flag_oria_thermal=0;
else
    %entos orivn
endif
#####-----#####

flag_oria_thermal=0;
flag_oria_thermal_upolgismoι=0;
loop_counter=0;
while (1)
    %w(1) einai to prvto dhlahd to w(0) kai to w(2) to deyteto!
    %opote kai to n jekinaei apo n=1!!
    w(1)=lamda_mean/T;
    w(2)=w(1)*1.01;
    n=1;
    while (1)
        %gia kathe dT = 1H
        lamda_storage= n_hyd_storage*T*w(n); %wfin
        %lamda_TH(j)
        lamda_gen= ((w(n)*T)/n_hyd_gen); %wfin

        if (lamda_TH(j)<= lamda_storage)
            %storage

##          %----- elegxos diarkeias apothhkeyshs -----%
##          if (flag_diarkeia_apothhkeyshs==1)
##              counter_diarkeia_apothhkeyshs = counter_diarkeia_apothhkeyshs+1;
##          endif
##          flag_diarkeia_apothhkeyshs = 0;
##          %otan phgainei apo 1-> tote exei kanei enan kyklo prosgpra-apothhkeysh energeias
##          %-----Telos elegxou diarkeias apothhkeyshs -----%

        if (flag_oria_thermal_upolgismoι==0)
            lamdaj = lamda_storage;

```

```

P_TH(j)=(lamda_j-F(1,2))/(2*F(1,3));
##      P_Hyd(j)=P_TH(j)-P_Load(j);
P_Hyd_storage(j)=P_TH(j)-P_Load(j); %to P_Hyd isvs den xreiazetai na einai vector
if (j==1)
    E_ESS(j)=E_arx+n_hyd_storage*P_Hyd_storage(j)*dT;
    else
    E_ESS(j)=E_ESS(j-1)+n_hyd_storage*P_Hyd_storage(j)*dT;
endif

else
##      P_Hyd(j)= P_Load(j); %xei afairethei to Pth apo to P_Load
P_Hyd_storage(j)=P_Load(j);
flag_oria_thermal_upolgismoi=0;
endif

%an erthei me flag_oria_thermal_upolgismoi==1 tote ti ginetai??
%-- elegxoi apothhkeyshs ESS/Hyd --%
if (E_ESS(j)>= E_ESS_MAX)
    if (flag_oria_thermal_upolgismoi==0)
        % oi thermikes den exoyn xtyphsei sto orio

    else
        % oi thermikes exoyn xtyphsei sto orio
        P_Load(j)=P_Load(j)+P_TH(j); %epeidh to eixame afairesei otan hmastan sta oria
    endif
    E_ESS(j)=E_ESS_MAX;
    if (j==1)
        P_Hyd_storage(j)=(E_ESS_MAX-E_arx)/(n_hyd_storage*dT);
    else
        P_Hyd_storage(j)=(E_ESS_MAX-E_ESS(j-1))/(n_hyd_storage*dT);
    endif
endif

    %nea oikonomikh katanomh:
##      lamda_TH(j)=(P_Load(j)+P_Hyd_storage(j))*2*F(1,3) + F(1,2);
##      P_TH(j)=(lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
P_TH(j)=P_Load(j)+P_Hyd_storage(j);
...

```

```

endif

if (P_Hyd_storage(j)>=P_Hyd_storage_MAX)
    if (flag_oria_thermal_upolgismoim==0)
        % oi thermikes den exoyn xtyphsei sto orio

    else
        % oi thermikes exoyn xtyphsei sto orio
        P_Load(j)=P_Load(j)+P_TH(j); %epeidh to eixame afairesei otan hmastan sta oria

    endif

    P_Hyd_storage(j)=P_Hyd_storage_MAX;
##    P_Hyd(j)=P_Hyd_storage(j);
    if (j==1)
        E_ESS(j)=E_arx+(P_Hyd_storage(j)*dT)/n_hyd_storage;
    else
        E_ESS(j)= E_ESS(j-1)+(P_Hyd_storage(j)*dT)/n_hyd_storage; %???????
    endif

    %nea oikonomikh katanomh!!!!
##    lamda_TH(j)=(P_Load(j)+P_Hyd_storage(j))*2*F(1,3) + F(1,2);
##    P_TH(j)=(lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
    P_TH(j)=P_Load(j)+P_Hyd_storage(j);
endif

if (P_Hyd_storage(j)<P_Hyd_storage_MIN)
    %diadikasia mh apothhkeyshs

    if (flag_oria_thermal_upolgismoim==0)
        % oi thermikes den exoyn xtyphsei sto orio

    else
        % oi thermikes exoyn xtyphsei sto orio
        P_Load(j)=P_Load(j)+P_TH(j); %epeidh to eixame afairesei otan hmastan sta oria

```

```

endif
P_Hyd_storage(j)=0;

if (j==1)
    E_ESS(j)=E_arx;
else
    E_ESS(j)=E_ESS(j-1);
endif
endif
%exoyme mono ta thermika, arxikh lysh, h prvth prvth
P_TH(j)=(lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
endif
%--- Telos Elegxoi apothhkeyshs ESS/Hyd ---%

endif

if ((lamda_storage<= lamda_TH(j)) && (lamda_TH(j) <= lamda_gen)) %??
%hyd out of operation
P_TH(j)= (lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
if (j==1)
    E_ESS(j)=E_arx;%!!
else
    E_ESS(j)=E_ESS(j-1);
endif
endif

if (lamda_gen<=lamda_TH(j))
%paragvgh/paroxh energieias

if (flag_oria_thermal_upolgismoi==0)
lamdaj=lamda_gen;
P_TH(j)=(lamdaj-F(1,2))/(2*F(1,3));

##
    P_Hyd(j)=P_Load(j)-P_TH(j);
P_Hyd_gen(j)=P_Load(j)-P_TH(j);
if (j==1)
    E_ESS(j)=E_arx-((P_Hyd_gen(j)*dT)/(n_hyd_gen));%!!
.

```

```

else
    E_ESS(j)=E_ESS(j-1)-((P_Hyd_gen(j)*dT)/(n_hyd_gen));
endif
else
    % exei parabiastei orio
    %P_TH exei oristei sto orio
    %kai to P_Load exei allajei, einai xwris to P_TH
    P_Hyd_gen(j)=P_Load(j);
    flag_oria_thermal_upolgismoi=0;
endif
%-- elegxoi paragvghs ESS/Hyd --%
if (E_ESS(j)<= E_ESS_MIN)
    if (flag_oria_thermal_upolgismoi==0)
        % oi thermikes den exoyn xtyphsei sto orio
    else
        % oi thermikes exoyn xtyphsei sto orio
        P_Load(j)=P_Load(j)+P_TH(j); %epeidh to eixame afairesei otan hmastan sta oria
    endif

    E_ESS(j)=E_ESS_MIN;
    if (j==1)
        P_Hyd_gen(j)=((E_arx-E_ESS(j))*n_hyd_gen)/dT;%!!!!!!!
    else
        P_Hyd_gen(j)=((E_ESS(j-1)-E_ESS(j))*n_hyd_gen)/dT;
    endif

    %exoyne nea katanomh
    lamda_TH(j)=(P_Load(j)-P_Hyd_gen(j))*2*F(1,3)+F(1,2);
    P_TH(j)=(lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
    P_TH(j)=P_Load(j)-P_Hyd_gen(j);

endif
if (P_Hyd_gen(j)>=P_Hyd_gen_MAX)
    if (flag_oria_thermal_upolgismoi==0)
        % oi thermikes den exoyn xtyphsei sto orio
    -

```

```

else
    % oi thermikes exoyn xtyphsei sto orio
    P_Load(j)=P_Load(j)+P_TH(j); %epeidh to eixame afairesei otan hmastan sta oria
endif
P_Hyd_gen(j)=P_Hyd_gen_MAX;
    %exoyme nea oikonomikh katanomh
##      lamda_TH(j)=(P_Load(j)-P_Hyd_gen(j))*2*F(1,3)+F(1,2);
##      P_TH(j)=(lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
    P_TH(j)=P_Load(j)-P_Hyd_gen(j);
endif
if (P_Hyd_gen(j)<=P_Hyd_gen_MIN)
    %diadikasias mh paragvghs
    if (flag_oria_thermal_upolgismoi==0)
        % oi thermikes den exoyn xtyphsei sto orio
    else
        % oi thermikes exoyn xtyphsei sto orio
        P_Load(j)=P_Load(j)+P_TH(j); %epeidh to eixame afairesei otan hmastan sta oria

        endif
    P_Hyd_gen(j)=0;
##      P_Hyd(j)=P_Hyd_gen(j);
    if (j==1)
        E_ESS(j)=E_arx; %einai svsto??
    else
        E_ESS(j)=E_ESS(j-1); %einai svsto??
    endif

    % exoyme mono ta thermika!
##      lamda_TH(j)=(P_Load(j))*2*F(1,3)+F(1,2);
    P_TH(j)=(lamda_TH(j)-F(1,2))/(2*F(1,3));
endif
%--- Telos Elegxoi paragvghs ESS/Hyd ---%
endif

```

```

%ypologismos tou epsilon[n]
% bhma (6) -- 'h -- d)
%%% elegxos gia ton ogko \!--??
epsilon(n)=E_ESS(j)-E_arx; %E_fin == E_arx, epsilon(n)=E_ESS(n)-E_fin

n=n+1;
if (n==2) %kanonika o elegxos einai gia n==1 sth theoria
    continue %(apo to shmeio ypologismoy lamda_storage kai lamda_gen (bhma2))
endif

if (abs(epsilon(n-1))<= convergence_limit) %kanonika einai epsilon(n) edv!!!!!!!!!!!!!!
    %Bhma 11
    %elegxos orivn gennhtrivn kai antlhsiota mieyshs
    if (P_TH(j)>= P1_min && P_TH(j)<=P1_max) %mono ta oria tvn thermikwn elegxontai edv??
        flag_oria_thermal=0; %me 0 feygei kateyueian apo to ejvteriko loop
        flag_oria_thermal_upolgismo=0;
        break;
    else
        %these sto orio ayto poy parabiazetai kai lyse
        flag_oria_thermal=1;
        flag_oria_thermal_upolgismo=1;
        if (P_TH(j)<P1_min)
            P_TH(j)=P1_min;
            P_Load(j)=P_Load(j)-P_TH(j);
            lamda_TH(j)=2*F(1,3)*P_TH(j)+F(1,2); %?
            flag_oria_thermal=0;

        elseif (P_TH(j)>P1_max)
            P_TH(j)=P1_max;
            P_Load(j)=P_Load(j)-P_TH(j);
            lamda_TH(j)=2*F(1,3)*P_TH(j)+F(1,2)
            flag_oria_thermal=0;
        endif
        break; %me 1 ektelei pali to esvteriko loop
    endif
endif
display('sto loop meta to break')

```

```

else
    %bhma 10
    %Newton-Raphson
    w(n) = w(n-1) - ((w(n-1)-w(n-2))/(epsilon(n-1)-epsilon(n-2)))*epsilon(n-1);
    %phgainei pali sto bhma 2
    loop_counter=loop_counter+1;

    %--- elegxos epanalhpsevn--- %%%
    if (loop_counter>100)
        display('loop_counter>100, exit');
        break;
    endif
    %---- end of elegxos epanalhpsevn --%%

    continue;
endif
endwhile

if (flag_oria_thermal==0) %gia ejodo kai apo thn ejvterikh while(1)
    break;
endif

if (loop_counter>100)
    break;
endif

endwhile

endfor
Energeia_poy_emeine_pros_ejvterikh_synarthhsh=E_ESS(j); %j==24
for j=1:24
    j;
    P_apo_thermikoy(j) = P_D(j,1)-P_PV(j,1)-P_Hyd_gen(1,j)+P_Hyd_storage(1,j);
    if (P_apo_thermikoy(j)<0)
        P_apo_thermikoy(j)=0;
        ...

    endif
endfor

plot(P_Hyd_storage, 'r', P_Hyd_gen, 'g', P_D, 'm', P_PV, 'y', P_apo_thermikoy, 'k', E_ESS,'b');
hold on;
legend('P Hyd storage', 'P Hyd gen', 'fortio', 'P-PV', 'P apo thermikoy', 'E-ESS');
hold off;
end

```


8.4.6 Κώδικας υπολογισμού συνολικού ετήσιου κόστους λιμένα, χωρίς αποθήκευση, με επαναλήψεις για συγκεκριμένο εύρος πλήθους φ/β πλαϊσίων

Ο κώδικας αυτός υπολογίζει το συνολικό ετήσιο κόστος του λιμένα στην περίπτωση που δεν υπάρχει αποθήκευση και επαναλαμβάνει τους υπολογισμούς από 0 έως 10000 φ/β πλαίσια, με βήμα τα 1000 πλαίσια. Σε κάθε περίπτωση οι επαναλήψεις γίνονται μέχρι τον αριθμό πλαϊσίων που περιγράφεται στο αντίστοιχο σενάριο.

```

%Lamprinidi Eleni
%exei th leitoyrgia ths Katanomh_etous2015_ana_hmera xvris omvs thn apothhkeysh
% dhladh apla pairnei to Fortio meion fortio PV kai to timologeï
% gia timologhsh BG

function [Total_ethsio_kostos_5_euro, Total_ethsio_kostos_50_euro,
Total_ethsio_kostos_100_euro, Total_ethsio_kostos_200_euro, Total_ethsio_kostos_500_euro,
Total_ethsio_kostos_1000_euro]= Katanomh_etous2015_ana_hmera_xvris_apothhkeysh(Ogkos_arx,
kVA_Metaxhmatisth )
counter epanalhpseis=1;
h= 50; %ypsometrikh diafora tvn dyo dejamenwn
g=9.7; % epitaxynsh ths barythtas (m/s^2)
E_ESS_MAX=Ogkos_arx*997*g*h * (1/3600000); % se(kWh)
E_arx=E ESS_MAX;

## ---- P_apo_Thermikoys einai ayto poy phgainei pros kostologhsh --- %%%

%----- Oh epanalhpsh: 0 panel PV -----%
yearly_PD=csvread('Ethsio_Fortio_A&B&C.csv');
% fortio limena (allazei ana senario) (cruise - container - bulk - A&B - A&C - B&C - A&B&C)
% 1 gia 0 panel, 2 gia 1000 panels klp
%--- apo edv kai katv epanalambanontai mexri to telos ths 0hs epanalhpshs ----%
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_0panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)

hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 0panels');
## count_hmeres_etoys=0; %!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;

```

```

        P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

        % klhsh synarthshs timologhshs

        %%%%%%%%%%%----- End of new-----%%%%%%%%%%

        hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

        pause(0.1)
    endwhile

    % klhsh synarthshs timologhshs
    plthos_PV=0;
    [Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=
    Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(plthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh,
    Ogkos_arx);
    pause(5)
    %--- Telos 0hs epanalhpshs -----%

    %--- apo edv kai katv epanalambanontai mexri to telos ths lhs epanalhpshs ----%
    counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;

    P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 1000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
    beltistopoihshs)

    fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_1000panel.csv', "w");
    hours_of_year_start=0;
    display ('epanalhpsh gia 1000panels');

    days=0;
    while (hours_of_year_start<=8760-24)
        for i=1:24
            P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
            P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
            % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
            if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
                P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
            endif
            % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
        endfor
        %P_PV_hmeras
        days=days+1;
        %pinakas timologhshs 365*24
        P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
        P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

        % klhsh synarthshs timologhshs
        hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;
        pause(0.1)
    endwhile

    % klhsh synarthshs timologhshs
    plthos_PV=1000;
    [Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
    Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
    plthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);
    pause(5)

    %--- Telos lhs epanalhpshs -----%

```

```

%---- 2h epanalhpsh: 2000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 2000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_2000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;

display ('epanalhpsh gia 2000panels')
days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

% klhsh synarthshs timologhshs

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;
pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=2000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhmopoihs_LOW(
plhthos_PV, KVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

%----Telos 2hs epanalhpshs -----%

%---- 3h epanalhpsh: 3000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 3000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_3000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 3000panels')

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

```

```

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plthos_PV=3000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhmopoihshs_LOW(
plthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

%---Telos 3hs epanalhpshs -----§

%--- 4h epanalhpsh: 4000 panels PV -----§
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_4000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_4000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 4000panels')
days=0;

while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)=P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
% --- elegxos P_PV <= P_D --- §
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- §
endfor
%P_PV_hmeras
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plthos_PV=4000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhmopoihshs_LOW(
plthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

##fclose(fid_apo_thermikous);

%---Telos 4hs epanalhpshs -----§

```

```

%---- 5h epanalhpsh: 5000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 5000panel.csv'); %paragvgh P PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_5000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 5000panels')
days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
    for i=1:24
        P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
        P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
        % --- elegxos P PV <= P D --- %
        if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
            P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
        endif
        % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
    endfor
    %P_PV_hmeras
    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

    hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

    pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=5000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),

```

```

Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshts_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);
pause(5)

%----Telos 5hs epanalhpshs -----%

%---- 6h epanalhpsh: 6000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 6000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshts)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikouys_file_6000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 6000panels')

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikouys=P_D-P_PV_hmeras;
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikouys;

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;
pause(0.1)
endwhile

plhthos_PV=6000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshts_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);
pause(5)

%----Telos 6hs epanalhpshs -----%

%---- 7h epanalhpsh: 7000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 7000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshts)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikouys_file_7000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 7000panels')
##count_hmeres_etous=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
endfor

```



```

endfor
    %P PV hmeras
    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

    hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

    pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos PV=7000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsmopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);

pause(5)

%----Telos 7hs epanalhpshs -----%
%---- 8h epanalhpsh: 8000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_8000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_8000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 8000panels')
##count hmeres_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
    for i=1:24
        P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
        P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
    end
end

```

```

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
    P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
    P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
    % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
    if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
        P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
    endif
    % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

% klhsh synarthshs timologhshs

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plthos_PV=8000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plthos_PV, kVA_Metaxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);

pause(5)

%---Telos 8hs epanalhpshs -----%
%--- 9h epanalhpsh: 9000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_9000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_9000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 9000panels')
##count_hmeres_etous=0;

days=0 ;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
    P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
    P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
    % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
    if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
        P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
    endif
    % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

pause(0.1)
endwhile

```



```

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos PV=9000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);

pause(5)

%----Telos 9hs epanalhpshts -----%

%---- 10h epanalhpshts: 10000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_10000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsht
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_10000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsht gia 10000panels')

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)=P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);
% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_apo_Thermikoys=P_D-P_PV_hmeras;
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;
pause(0.1)
endwhile
% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos PV=10000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

%----Telos 10hs epanalhpshts -----%
end

```

8.4.7 Κώδικας υπολογισμού συνολικού ετήσιου κόστους λιμένα, με αποθήκευση και επαναλήψεις για συγκεκριμένο εύρος πλήθους φ/β πλαϊσίων

Ο κώδικας αυτός υπολογίζει το συνολικό ετήσιο κόστος του λιμένα στην περίπτωση που υπάρχει αποθήκευση και επαναλαμβάνει τους υπολογισμούς από 0 έως 10000 φ/β πλαίσια, με βήμα τα 1000 πλαίσια. Σε κάθε περίπτωση οι επαναλήψεις γίνονται μέχρι τον αριθμό πλαϊσίων που περιγράφεται στο αντίστοιχο σενάριο.

```

%Lamprinidi Eleni
function [Total_ethsio_kostos_5_euro, Total_ethsio_kostos_50_euro,
Total_ethsio_kostos_100_euro, Total_ethsio_kostos_200_euro, Total_ethsio_kostos_500_euro,
Total_ethsio_kostos_1000_euro]=Katanomh_etous2015_ana_hmera(Ogkos_arx, kVA_Metasxhmatisth )
h= 50; %ypsometrikh diafora tvn dyo dejamenwn
g=9.7; % epitaxynsh ths baryhtas (m/s^2)
E_ESS_MAX=Ogkos_arx*997*g*h * (1/3600000); % se(kWh)
E_arx=E_ESS_MAX;

## ---- P_apo_Thermikoys einai ayto poy phgainei pros kostologhsh --- %%%

%----- 0h epanalhpsh: 0 panel PV -----%
counter_epanalhpseis=1;
yearly_PD=csvread('Ethsio_Fortio_A&B&C.csv'); % fortio limena (allazei ana senario)
(cruise - container - bulk - A&B - A&C - B&C - A&B&C)

%--- apo edv kai katv epanalambanontai mexri to telos ths 0hs epanalhpshs ----%
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_0panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihsis)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_0panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 0panels');
count_hmeres_etous=0; %!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %

endfor
%P_PV_hmeras
#####-----new-----#####
count_hmeres_etous=count_hmeres_etous+1;

```

```

% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
#####-----new-----#####
count_hmeras_etoys=count_hmeras_etoys+1;
if (count_hmeras_etoys==1)
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
else
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
endif
[P_TH,P_apo_Thermikoys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ogkos_arx);

    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;
#####----- End of new-----#####

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

csvwrite(fid_apo_thermikous,P_apo_Thermikoys(i));
pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=0;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);
pause(5)

```

```

fclose(fid_apo_thermikous);

%--- Telos 0hs epanalhpshts -----%

%--- apo edv kai katv epanalambanontai mexri to telos ths lhs epanalhpshts ----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 1000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsht
beltistopoihshts)
fid_storage=fopen('P_storage_file_1000panel.csv','w');
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_1000panel.csv', 'w');
hours_of_year_start=0;
display ('epanalhpsh gia 1000panels');
count_hmeres_etous=0; %!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%new%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
count_hmeres_etous=count_hmeres_etous+1;
if (count_hmeres_etous==1)
Energieia_poy_exei_krathsei=E_arx;
else
Energieia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
endif
[P_TH,P_apo_Thermikoys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energieia_poy_exei_krathsei, Ogkos_arx);

days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

% klhsh synarthshs timologhshs

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% End of new%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

csvwrite(fid_apo_thermikous,P_apo_Thermikoys(i));
pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=1000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshts_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);
pause(5)

fclose(fid_apo_thermikous);

%--- Telos lhs epanalhpshts -----%

%---- 2h epanalhpshts: 2000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 2000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsht

```

```

beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_2000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0

display ('epanalhpsh gia 2000panels')
count_hmeres_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
    P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
    P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

    % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
    if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
        P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
    endif
    % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
count_hmeres_etoys=count_hmeres_etoys+1;
if (count_hmeres_etoys==1)
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
else
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
endif
[P_TH,P_apo_Thermikoys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ognos_arx);

    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

    hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

    pause(0.1)
endwhile

.....
plhthos_PV=2000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metaxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

##fclose(fid_apo_thermikous);

%----Telos 2hs epanalhpshs -----%

%---- 3h epanalhpsh: 3000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_3000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_3000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpsh gia 3000panels')
count_hmeres_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
    P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
    P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

    % --- elegxos P_PV <= P_D --- %

```

```

        if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
            P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
        endif
        % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
    endfor
    %P_PV_hmeras
    count_hmeras_etoys=count_hmeras_etoys+1;
    if (count_hmeras_etoys==1)
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
    else
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
    endif
    [P_TH,P_apo_Thermikouys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
    Energeia_poy_exei_krathsei, Ogkos_arx);

    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikouys;

    % klhsh synarthshs timologhshs

    hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;
    pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=3000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);
pause(5)

##fclose(fid_apo_thermikouys);

%----Telos 3hs epanalhpshs -----%

%---- 4h epanalhpsh: 4000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_4000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
##fid_gen=fopen('P_gen_file_4000panel.csv',"w"); % allazei gia kathe epanalhpsh gia to
arxeio tvn dedomenvn
##fid_storage=fopen('P_storage_file_4000panel.csv',"w"); % allazei gia kathe epanalhpsh
gia to arxeio tvn dedomenvn
fid_apo_thermikouys=fopen('P_apo_Thermikouys_file_4000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpsh gia 4000panels')
count_hmeras_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
    for i=1:24
        P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
        P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

        % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
        if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
            P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
        endif
        % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
    endfor
    %P_PV_hmeras
    count_hmeras_etoys=count_hmeras_etoys+1;
    if (count_hmeras_etoys==1)
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;

```



```

else
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
endif
[P_TH,P_apo_Thermikoys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ognos_arx);

    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

    % klhsh synarthshs timologhshs

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

## for i=1:24
#### csvwrite(fid_gen,P_Hyd_gen(i));
#### csvwrite(fid_storage,P_Hyd_storage(i));
## csvwrite(fid_apo_thermikous,P_apo_Thermikoys(i));
## endfor
    pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=4000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

##fclose(fid_apo_thermikous);

%----Telos 4hs epanalhpshs -----%
.      5h -----telos: 5000 ----- PV -----%

%---- 5h epanalhpsh: 5000 panels PV -----%
counter_epanalpseis=counter_epanalpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 5000panel.csv'); %paravggh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
##fid_gen=fopen('P_gen_file_5000panel.csv',"w"); % allazei gia kathe epanalhpsh gia to
arxeio tvn dedomenvn
##fid_storage=fopen('P_storage_file_5000panel.csv',"w"); % allazei gia kathe epanalhpsh
gia to arxeio tvn dedomenvn
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_5000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpsh gia 5000panels')
count_hmeras_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
    P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
    P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

    % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
    if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
        P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
    endif
    % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
    %P_PV_hmeras
    count_hmeras_etoys=count_hmeras_etoys+1;
    if (count_hmeras_etoys==1)
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
    else
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
    endif
endwhile

```

```

[P_TH,P_apo_Thermikouys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ognos_arx);

    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikouys;

    % klhsh synarthshs timologhshs

    hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

##    for i=1:24
####    csvwrite(fid_gen,P_Hyd_gen(i));
####    csvwrite(fid_storage,P_Hyd_storage(i));
##    csvwrite(fid_apo_thermikous,P_apo_Thermikouys(i));
##    endfor
    pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=5000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metaxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

##fclose(fid_apo_thermikous);

%----Telos 5hs epanalhpshs -----%

%---- 6h epanalhpsh: 6000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_6000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
##fid_gen=fopen('P_gen_file_6000panel.csv','w'); % allazei gia kathe epanalhpsh gia to
arxeio tvn dedomenvn
##fid_storage=fopen('P_storage_file_6000panel.csv','w'); % allazei gia kathe epanalhpsh
gia to arxeio tvn dedomenvn
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikouys_file_6000panel.csv', 'w');
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpsh gia 6000panels')
count_hmeras_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
    for i=1:24
        P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
        P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

        % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
        if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
            P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
        endif
        % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
    endfor
    %P_PV_hmeras
    count_hmeras_etoys=count_hmeras_etoys+1;
    if (count_hmeras_etoys==1)
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
    else
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
    endif
    [P_TH,P_apo_Thermikouys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ognos_arx);

```



```

    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

    % klhsh synarthshs timologhshs

    hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

##   for i=1:24
####   csvwrite(fid_gen,P_Hyd_gen(i));
####   csvwrite(fid_storage,P_Hyd_storage(i));
##   csvwrite(fid_apo_thermikous,P_apo_Thermikoys(i));
##   endfor
    pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=6000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ognos_arx);
pause(5)

##fclose(fid_apo_thermikous);

%----Telos 6hs epanalhpshs -----%

%---- 7h epanalhpsh: 7000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_7000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_7000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpsh gia 7000panels')
count_hmeres_etous=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
    for i=1:24
        P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
        P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

        % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
        if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
            P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
        endif
        % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
    endfor
    %P_PV_hmeras
    count_hmeres_etous=count_hmeres_etous+1;
    if (count_hmeres_etous==1)
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
    else
        Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
    endif
    [P_TH,P_apo_Thermikoys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ognos_arx);

    days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

```

```

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=7000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Oghkos_arx);

pause(5)
##fclose(fid_apo_thermikous);

%----Telos 7hs epanalhpshs -----%
%---- 8h epanalhpsh: 8000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_8000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpsh
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikouys_file_8000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpsh gia 8000panels')
count_hmeres_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
count_hmeres_etoys=count_hmeres_etoys+1;
if (count_hmeres_etoys==1)
Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
else
Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
endif
[P_TH,P_apo_Thermikouys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Oghkos_arx);

days=days+1;
%pinakas timologhshs 365*24
P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikouys;

% klhsh synarthshs timologhshs

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plhthos_PV=8000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),

```

```

Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshts_LOW(
plhthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);

pause(5)
fclose(fid_apo_thermikous);

%----Telos 8hs epanalhpshts -----%

%---- 9h epanalhpshts: 9000 panels PV -----%
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio Fortio 9000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpshts
beltistopoihshts)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_9000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpshts gia 9000panels')
count_hmeres_etoys=0;

days=0 ;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

% --- elegxos P_PV <= P_D --- %
if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
endif
% telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
count_hmeres_etoys=count_hmeres_etoys+1;
if (count_hmeres_etoys==1)
Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
else
Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;

```

```

count_hmeres_etoys=count_hmeres_etoys+1;
if (count_hmeres_etoys==1)
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
else
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
endif
[P_TH,P_apo_Thermikoys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ogkos_arx);

days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

    % klhsh synarthshs timologhshs

hours_of_year_start=hours_of_year_start+24;

pause(0.1)
endwhile

% klhsh synarthshs timologhshs
plthos_PV=9000;
[Total_ethsio_kostos_5_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_50_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_100_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_200_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_500_euro(counter_epanalhpseis,1),
Total_ethsio_kostos_1000_euro(counter_epanalhpseis,1)]=Timologhsh_BG_syntXrhsimopoihshs_LOW(
plthos_PV, kVA_Metasxhmatisth, P_timologhsh, Ogkos_arx);

pause(5)
##fclose(fid_apo_thermikous);

%----Telos 9hs epanalhpshts -----§

%---- 10h epanalhpshts: 10000 panels PV -----§
counter_epanalhpseis=counter_epanalhpseis+1;
P_timologhsh=zeros(365,24);
P_PV_etous=csvread('Ethsio_Fortio_10000panel.csv'); %paragvgh P_PV (allazei ana epanalhpshts
beltistopoihshs)
fid_apo_thermikous=fopen('P_apo_Thermikoys_file_10000panel.csv', "w");
hours_of_year_start=0
display ('epanalhpshts gia 10000panels')
count_hmeres_etoys=0;

days=0;
while (hours_of_year_start<=8760-24)
for i=1:24
    P_D(i,1)=yearly_PD(hours_of_year_start+i,1);
    P_PV_hmeras(i,1)= P_PV_etous(hours_of_year_start+i,1);

    % --- elegxos P_PV <= P_D --- %
    if (P_PV_hmeras(i,1) > P_D(i,1) )
        P_PV_hmeras(i,1)=P_D(i,1);
    endif
    % telos elegxos P_PV <= P_D --- %
endfor
%P_PV_hmeras
count_hmeres_etoys=count_hmeres_etoys+1;
if (count_hmeres_etoys==1)
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_arx;
else
    Energeia_poy_exei_krathsei=E_ESS_ths_vras_j;
endif
[P_TH,P_apo_Thermikoys, E_ESS_ths_vras_j] = Thermikoi_stathmoi_ethsio(P_D,P_PV_hmeras,
Energeia_poy_exei_krathsei, Ogkos_arx);

days=days+1;
    %pinakas timologhshs 365*24
    P_timologhsh(days,:)=P_apo_Thermikoys;

```



```

Sthlh_Total_ethsio_kostos_500_euro, Sthlh_Total_ethsio_kostos_1000_euro ] =
Katanomh_etous2015_ana_hmera (Ogkos_arx, kVA_Metasxhmatisth)

Total_ethsio_kostos_5_euro(storage_vector,:) = Sthlh_Total_ethsio_kostos_5_euro;
Total_ethsio_kostos_50_euro(storage_vector,:) = Sthlh_Total_ethsio_kostos_50_euro;
Total_ethsio_kostos_100_euro(storage_vector,:) = Sthlh_Total_ethsio_kostos_100_euro;
Total_ethsio_kostos_200_euro(storage_vector,:) = Sthlh_Total_ethsio_kostos_200_euro;
Total_ethsio_kostos_500_euro(storage_vector,:) = Sthlh_Total_ethsio_kostos_500_euro;
Total_ethsio_kostos_1000_euro(storage_vector,:) = Sthlh_Total_ethsio_kostos_1000_euro;

storage_vector = storage_vector + 1;

    pause(10);
endfor
fid_Total_cost_5 = fopen('Total_ethsio_kostos_5_euro.csv', 'w');
fid_Total_cost_50 = fopen('Total_ethsio_kostos_50_euro.csv', 'w');
fid_Total_cost_100 = fopen('Total_ethsio_kostos_100_euro.csv', 'w');
fid_Total_cost_200 = fopen('Total_ethsio_kostos_200_euro.csv', 'w');
fid_Total_cost_500 = fopen('Total_ethsio_kostos_500_euro.csv', 'w');
fid_Total_cost_1000 = fopen('Total_ethsio_kostos_1000_euro.csv', 'w');

pause(5)
csvwrite(fid_Total_cost_5, Total_ethsio_kostos_5_euro);
csvwrite(fid_Total_cost_50, Total_ethsio_kostos_50_euro);
csvwrite(fid_Total_cost_100, Total_ethsio_kostos_100_euro);
csvwrite(fid_Total_cost_200, Total_ethsio_kostos_200_euro);
csvwrite(fid_Total_cost_500, Total_ethsio_kostos_500_euro);
csvwrite(fid_Total_cost_1000, Total_ethsio_kostos_1000_euro);

pause(5)

fclose(fid_Total_cost_5);
fclose(fid_Total_cost_50);
fclose(fid_Total_cost_100);
fclose(fid_Total_cost_200);
fclose(fid_Total_cost_500);
fclose(fid_Total_cost_1000);

%-- euresh toy elaxistoy shmeiou Total_kostos_5_euro ---%
min_Total_ethsio_kostos_5_euro = Total_ethsio_kostos_5_euro(1,1);
min_grammh_Total_kostos_5_euro = 1;
min_sthlih_Total_kostos_5_euro = 1;
for grammh = 1:7
    for sthlih = 1:44
        if (min_Total_ethsio_kostos_5_euro > Total_ethsio_kostos_5_euro(grammh, sthlih))
            min_Total_ethsio_kostos_5_euro = Total_ethsio_kostos_5_euro(grammh, sthlih);

            min_grammh_Total_kostos_5_euro = grammh;
            min_sthlih_Total_kostos_5_euro = sthlih;
        endif
    endfor
endfor

display("min_Total_ethsio_kostos_5_euro , storage_capacity , number of photovoltaic panels ")
min_Total_ethsio_kostos_5_euro
min_grammh_Total_kostos_5_euro
min_sthlih_Total_kostos_5_euro

%--- telos toy elaxistoy shmeiou Total_kostos_5_euro ---%
PV(1,1) = 0;
for PV_number = 1:1:43 %epi 1000
    PV(1, PV_number+1) = PV_number * 1000 * 0.28; %kW
endfor

%display("gia kostos agoras ektashs 5 euro ana m^2")
surf(PV, storage, Total_ethsio_kostos_5_euro);
xlabel("Photovoltaic capacity (kW)");
ylabel("Storage capacity (MWh)");

```



```

zlabel("Total cost (€)");
title({"surf() plot of total annual cost for land price 5 €/m^2 "});
pause();

%-- euresh toy elaxistoy shmeiou Total_kostos_50_euro ---%
min_Total_ethsio_kostos_50_euro=Total_ethsio_kostos_50_euro(1,1);
min_grammh_Total_kostos_50_euro=1;
min_sthlh_Total_kostos_50_euro=1;
for grammh=1:7
    for sthlh=1:44
        if (min_Total_ethsio_kostos_50_euro>Total_ethsio_kostos_50_euro(grammh, sthlh))
            min_Total_ethsio_kostos_50_euro = Total_ethsio_kostos_50_euro(grammh, sthlh);

            min_grammh_Total_kostos_50_euro=grammh;
            min_sthlh_Total_kostos_50_euro=sthlh;
        endif
    endfor
endfor

display("min_Total_ethsio_kostos_50_euro , storage_capacity , number of photovoltaic
panels ")
min_Total_ethsio_kostos_50_euro
min_grammh_Total_kostos_50_euro
min_sthlh_Total_kostos_50_euro

%--- telos toy elaxistoy shmeioy Total_kostos_50_euro ---%

%display("gia kostos agoras ektashs 50 euro ana m^2")
surf(PV, storage, Total_ethsio_kostos_50_euro);
xlabel("Photovoltaic capacity (kW)");
ylabel("Storage capacity (MWh)");
zlabel("Total cost (€)");
title({"surf() plot of total annual cost for land price 50 €/m^2"});

```

```

pause();

%-- euresh toy elaxistoy shmeiou Total_kostos_100_euro ---%
min_Total_ethsio_kostos_100_euro=Total_ethsio_kostos_100_euro(1,1);
min_grammh_Total_kostos_100_euro=1;
min_sthlh_Total_kostos_100_euro=1;
for grammh=1:7
    for sthlh=1:44
        if (min_Total_ethsio_kostos_100_euro>Total_ethsio_kostos_100_euro(grammh, sthlh))
            min_Total_ethsio_kostos_100_euro = Total_ethsio_kostos_100_euro(grammh, sthlh);

            min_grammh_Total_kostos_100_euro=grammh;
            min_sthlh_Total_kostos_100_euro=sthlh;
        endif
    endfor
endfor

display("min_Total_ethsio_kostos_100_euro , storage_capacity , number of photovoltaic
panels ")
min_Total_ethsio_kostos_100_euro
min_grammh_Total_kostos_100_euro
min_sthlh_Total_kostos_100_euro

%--- telos toy elaxistoy shmeioy Total_kostos_100_euro ---%
%display("gia kostos agoras ektashs 100 euro ana m^2")
surf(PV, storage, Total_ethsio_kostos_100_euro);
xlabel("Photovoltaic capacity (kW)");
ylabel("Storage capacity (MWh)");
zlabel("Total cost (€)");
title({"surf() plot of total annual cost for land price 100 €/m^2"});
pause();

%-- euresh toy elaxistoy shmeiou Total_kostos_200_euro ---%
min_Total_ethsio_kostos_200_euro=Total_ethsio_kostos_200_euro(1,1);
min_grammh_Total_kostos_200_euro=1;
min_sthlh_Total_kostos_200_euro=1;
for grammh=1:7
    for sthlh=1:44

```



```

        if (min_Total_ethsio_kostos_200_euro>Total_ethsio_kostos_200_euro(grammh, stlh))
            min_Total_ethsio_kostos_200_euro = Total_ethsio_kostos_200_euro(grammh, stlh);

        min_grammh_Total_kostos_200_euro=grammh;
        min_stlh_Total_kostos_200_euro=stlh;
    endif
endfor
endifor

display("min_Total_ethsio_kostos_200_euro , storage_capacity , number of photovoltaic
panels ")
min_Total_ethsio_kostos_200_euro
min_grammh_Total_kostos_200_euro
min_stlh_Total_kostos_200_euro

%--- telos toy elaxistoy shmeioly Total_kostos_200_euro ---%
%display("gia kostos agoras ektashs 200 euro ana m^2")
surf(PV, storage, Total_ethsio_kostos_200_euro);
xlabel("Photovoltaic capacity (kW)");
ylabel("Storage capacity (MWh)");
zlabel("Total cost (€)");
title({"surf() plot of total annual cost for land price 200 €/m^2"});
pause();

%-- euresh toy elaxistoy shmeioly Total_kostos_500_euro ---%
min_Total_ethsio_kostos_500_euro=Total_ethsio_kostos_500_euro(1,1);
min_grammh_Total_kostos_500_euro=1;
min_stlh_Total_kostos_500_euro=1;
for grammh=1:7
    for stlh=1:44
        if (min_Total_ethsio_kostos_500_euro>Total_ethsio_kostos_500_euro(grammh, stlh))
            min_Total_ethsio_kostos_500_euro = Total_ethsio_kostos_500_euro(grammh, stlh);
        end
    end
endfor

```

```

        min_grammh_Total_kostos_500_euro=grammh;
        min_sthlh_Total_kostos_500_euro=sthlh;
    endif
endfor
endif
endfor

display("min_Total_ethsio_kostos_500_euro , storage_capacity , number of photovoltaic
panels ")
min_Total_ethsio_kostos_500_euro
min_grammh_Total_kostos_500_euro
min_sthlh_Total_kostos_500_euro

%--- telos toy elaxistoy shmeioly Total_kostos_500_euro ---%
%display("gia kostos agoras ektashs 500 euro ana m^2")
surf(PV, storage, Total_ethsio_kostos_500_euro);
xlabel("Photovoltaic capacity (kW)");
ylabel("Storage capacity (MWh)");
zlabel("Total cost (€)");
title({"surf() plot of total annual cost for land price 500 €/m^2"});
pause();

%-- euresh toy elaxistoy shmeioly Total_kostos_1000_euro ---%
min_Total_ethsio_kostos_1000_euro=Total_ethsio_kostos_1000_euro(1,1);
min_grammh_Total_kostos_1000_euro=1;
min_sthlh_Total_kostos_1000_euro=1;
for grammh=1:7
    for sthlh=1:44
        if (min_Total_ethsio_kostos_1000_euro>Total_ethsio_kostos_1000_euro(grammh, sthlh))
            min_Total_ethsio_kostos_1000_euro = Total_ethsio_kostos_1000_euro(grammh, sthlh);

            min_grammh_Total_kostos_1000_euro=grammh;
            min_sthlh_Total_kostos_1000_euro=sthlh;
        endif
    endfor
endfor

display("min_Total_ethsio_kostos_1000_euro , storage_capacity , number of photovoltaic
panels ")

min_Total_ethsio_kostos_1000_euro
min_grammh_Total_kostos_1000_euro
min_sthlh_Total_kostos_1000_euro

%--- telos toy elaxistoy shmeioly Total_kostos_1000_euro ---%
%display("gia kostos agoras ektashs 1000 euro ana m^2")
surf(PV, storage, Total_ethsio_kostos_1000_euro);
xlabel("Photovoltaic capacity (kW)");
ylabel("Storage capacity (MWh)");
zlabel("Total cost (€)");
title({"surf() plot of total annual cost for land price 1000 €/m^2"});
pause();

```

Βιβλιογραφία

- [1] Χ. Α. Φραγκόπουλος και Ι. Προυσαλίδης, Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου, Αθήνα: daVinci, 2019.
- [2] Α. Γ. Βλάχος, Ηλεκτρικές μηχανές – Τόμος Β, Αθήνα: ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, 2016.
- [3] Η. Κ. Woud and S. Stapersma, Design of propulsion and electric power generation systems, IMarEST, 2002.
- [4] IMO, "PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS," in *Marine Environment Protection Committee*.
- [5] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, "ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2016/802 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ," *Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.
- [6] Marine Environment Protection committee, "2012 Guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP)".
- [7] Y. Peng, X. Li, W. Wang, Z. Wei, X. Bing and X. Song, "A method for determining the allocation strategy of on-shore power supply from a green container terminal perspective," *ELSEVIER: Ocean and Coastal Management*, 2019.
- [8] J. Chen, T. Zheng, A. Garg, L. Xu, S. Li and Y. Fei, "Alternative Maritime Power application as a green port strategy: Barriers in China," *ELSEVIER: Journal of Cleaner Production*, 2019.
- [9] THE COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, "COMMISSION RECOMMENDATION of 8 May 2006 on the promotion of shore-side electricity for use by ships at berth in Community ports," *Official Journal of the European Union*, 2006.
- [10] Κ. Ο. Kritikos, A cold ironing feasibility study and cost benefit analysis, Diploma Thesis, School of Naval Architecture and Marine Engineering National Technical University of Athens, June 2017.

- [11] "Ιστοσελίδα: <https://www.ti-soft.com/>".
- [12] "Ιστοσελίδα: <https://cnfarady.en.made-in-china.com/>".
- [13] "Ιστοσελίδα:
<http://www.cavotec.com/en/>".
- [14] "Ιστοσελίδα: <http://docplayer.net/>".
- [15] "Ιστοσελίδα:
<http://www.rae.gr/site/portal.csp;jsessionid=c3fb776630dad8341679352e4207bbf196c194212ab9.e3aPb3iLbxySe34NcheQa3qLaxj0n6jAmljGr5XDqQLvpAe>".
- [16] "Ιστοσελίδα: <https://www.energia.gr/>".
- [17] Γ. Τσεκούρας, Μελέτη φορτίων - Σημειώσεις για το μάθημα "Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας" στο Τμήμα Μηχανικών Ενεργειακής Τεχνολογίας ΤΕΙ Αθήνας, 2012.
- [18] Α. Τ. Gazarian, Energy storage for power systems", Peter Peregrinus Ltd, IEE,, Peter Peregrinus Ltd., on behalf of the Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 1994.
- [19] Γ. Ι. Τσεκούρας, Πρόβλεψη φορτίου και ενέργειας–Μέρος Ε – Κεφάλαιο 2 – σημειώσεις στο μάθημα "Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας" του 5ου εξαμήνου, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Τμήμα Μηχανικών Ενεργειακής Τεχνολογίας Τ.Ε..
- [20] Β. Παπαδιάς and Γ. Κονταξής, Ηλεκτρική Οικονομία, Αθήνα: ΕΜΠ, 2003.
- [21] Π. Κάπρος and Κ. Ντελκής, Οικονομική Ανάλυση Επιχειρήσεων, Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ, 2007.
- [22] Κ. Θ. Δέρβος, Φωτοβολταϊκά Συστήματα: από τη Θεωρία στην Πράξη, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2013.
- [23] Δ. Α. Κατσαπρακάκης, Σύνθεση Ενεργειακών Συστημάτων, Εκδόσεις Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα – Κάλλιπος, 2015.
- [24] Γ. Ι. Τσεκούρας, Σύστημα Παραγωγής &

- Κόστος Παραγόμενης Ισχύος - Ενέργειας, σημειώσεις στο μάθημα “Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας” του 5ου εξαμήνου, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Τμήμα Μηχανικών Ενεργειακής Τεχνολογίας Τ.Ε..
- [25] Γ. Ι. Τσεκούρας, Σύστημα Παραγωγής – Κόστος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας- σημειώσεις στο μάθημα “Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας” του 5ου εξαμήνου, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Τμήμα Μηχανικών Ενεργειακής Τεχνολογίας Τ.Ε..
- [26] Β. Παπαδιας and Γ. Κονταξής, Ηλεκτρική οικονομία', Εκδόσεις ΕΜΠ, 1996.
- [27] Ι. Βαλαβάνης, Παρουσιάσεις Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων, 2004.
- [28] F. S. Barnes and J. G. Levine, Large energy storage systems - Handbook, CRC press, 2011.
- [29] Μ. Π. Παπαδόπουλος, Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Αθήνα: ΕΜΠ, 1997.
- [30] F. Saccomano, Electric power systems, analysis and control, Piscataway NJ: IEEE Press, Wiley Interscience, 2003.
- [31] Δ. Β. Κανελλόπουλος, Αιολική ενέργεια: Σχεδιάζοντας στις Αυλές των Ανέμων, Ιων, 2008.
- [32] "Ιστοσελίδα: <http://hoa.ntua.gr/>".
- [33] Μ. ΤΣΑΝΤΑΡΗ , Ενεργειακή απόδοση φωτοβολταϊκού πάρκου Τσαποχα ισχύος 500 kWp - διπλωματική εργασία, Τμήμα ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών, Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2016.
- [34] G. . J. Tsekouras, F. . D. Kanellos and J. Prousalidis, "Simplified method for the assessment of ship electric power systems operation cost reduction from energy storage and renewable energy sources integration," *IET Electrical Systems in Transportation*, 2014.
- [35] "Ιστοσελίδα: <https://www.europe-solarstore.com>".
- [36] Β. Δ. Μπιζιώνης and Δ. Β. Μπιζιώνης,

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΤΖΙΟΛΑ.

- [37] "Ιστοσελίδα: www.spitogatos.gr".
- [38] X. Xu, W. Hu, D. Cao, Q. Huang, C. Chen and Z. Chen, "Optimized sizing of a standalone PV-wind-hydropower station with pumped-storage installation hybrid energy system," *ELSEVIER: Renewable Energy*, 2019.
- [39] N. Mousavi , G. Kothapalli and D. Habibi, "A novel photovoltaic-pumped hydro storage microgrid applicable to rural areas," *ELSEVIER: Applied Energy*, 2020..
- [40] Γ. Ι. Τσεκούρας, Κεφάλαιο 2 μετασχηματιστές σημειώσεις για το μάθημα "Θεωρία και πράξη Ηλεκτρικών μηχανών",.
- [41] "Ιστοσελίδα: <https://www.dei.gr/>".
- [42] "Ιστοσελίδα: https://www.generatorsource.com/Diesel_Fuel_Consumption.aspx".