NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY ATHENS

ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΠΟ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΟΥΝ ΣΕ ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΕΝΑ ΠΛΟΙΑ

Κωνσταντίνος Κουπέπας
ge17709
ΣΕΜΦΕ 2022

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας ολοκληρώνονται και οι σπουδές μου στη Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Θα ήθελα λοιπόν να σας εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όσους συνέβαλαν στο κλείσιμο αυτού του κύκλου σπουδών.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Δ. Λυρίδη, Καθηγητή της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για τη στήριξη και τις συμβουλές του καθ'όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας και για τις καθοριστικές υποδείξεις του στα ζητήματα που προέκυψαν.

Κλείνοντας, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για τη συνεχή στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022

Κωνσταντίνος Κουπέπας

Περιεχόμενα

1 Γενικά Στοιχεία **3**
1.1 Τα θέματα που πρέπει να εξεταστούν 3
1.2 Δράσεις που σχετίζονται με την «Πράσινη Συμφωνία» 3
1.3 Τρόποι χρέωσης ρεύματος από τους λιμένες 4
1.3.1 Εναλλακτικές δυνατότητες τιμολογιακής πολιτικής και τρόποι χρέωσης ρεύματος από τους λιμένες 4
1.3.2 Ο ρόλος του λιμένα 5
1.3.3 Ο ρόλος των ηλεκτροδοτούμενων πλοίων 5
1.3.4 Σημεία προς θεώρηση και συζήτηση 6
1.4 Παραρτήματα 7
1.5 Παράρτημα Α 7
1.6 Παράρτημα Β 9
1.6.1 Κανονισμός Λειτουργείας 2017/352/EU 10
1.6.2 Οδηγία 2019/944/EU για τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και την τροποποίηση 10
1.6.3 Διαχειριστής Κλειστού δικτύου Διανομής|Άρθρο 38-2019/944/ΕΕ . . . 11
1.6.4 Διαχειριστής Κλειστού δικτύου Διανομής και Αποθήκευσης Ενέργειας . 12

2 Σύνδεση πλοίων με παράκτια ηλεκτρική ενέργεια στη Σουηδία **13**
2.1 Περίληψη 13
2.2 Τροφοδοτικό στην ξηρά | OPS 13
2.2.1 Πλεονεκτήματα του OPS 14
2.2.2 Ιστορικό και Χρήση OPS 15
2.2.3 Παραδείγματα Εγκαταστάσεων OPS 17
2.2.4 Εκπομπές από πλοία 17
2.3 Επιχειρηματικά μοντέλα για OPS 22
2.3.1 Χρησιμοποιώντας το «επιχειρηματικό μοντέλο» για την κατανόηση του OPS 22
2.3.2 Επένδυση σε υποδομές OPS 25
2.3.3 Κίνητρα σε ναυτιλιακές εταιρείες 27
2.3.4 Πώς πληρώνουν τα πλοία για συνδέσεις OPS 28
2.4 Τρέχουσες και μελλοντικές προκλήσεις κατά την εγκατάσταση του OPS 32
2.4.1 Τρέχουσες προκλήσεις 32
2.5 Συστάσεις για λιμάνια και ναυτιλιακές εταιρείες 34
2.5.1 Τέσσερις σημαντικές πτυχές για τα λιμάνια 35
2.5.2 Τέσσερις σημαντικές πτυχές για τις ναυτιλιακές εταιρείες 38
2.6 Συμπεράσματα 40
2.6.1 Η Σουηδία στην πρώτη γραμμή της Ευρώπης 40
2.6.2 Η ρυθμιστική πίεση αυξάνεται 41
2.6.3 Εξασφάλιση ηλεκτροδότησης στα λιμάνια 41
2.6.4 Η συνεργασία μεταξύ των παραγόντων είναι το κλειδί για την επιτυχή εφαρμογή του OPS 42
2.6.5 Το υψηλότερο επίπεδο τυποποίησης μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο 42

3 Στρατηγική Τιμολόγησης **43**

3.1 Περίληψη 43
3.2 Εισαγωγή 43
3.3 Διατύπωση του προβλήματος 46
3.4 Προγραμματισμός Χρέωσης | Φόρτισης των AESs με βάση την χρονική-χωρική Δυναμική 48
3.4.1 Χρονική-Χωρική Δυναμική 48
3.4.2 Βελτιστοποίηση ζήτησης φόρτισης 49
3.5 Μοντελοποίηση Συστήματος Ισχύος και Κατανομή Τοπικής Οριακής Τιμής . . 50
3.5.1 Μοντελοποίηση Συστήματος Διανομής 50
3.5.2 Κατανομή Τοπικής Οριακής Τιμής 52
3.6 Ολοκληρωμένη Στρατηγική Τιμολόγησης Άνθρακα σε υπηρεσίες Cold Ironing . 53
3.6.1 Ανίχνευση Άνθρακα και Ενσωματωμένο σε Άνθρακα DLMP 53
3.6.2 Ολοκληρωμένη στρατηγική τιμολόγησης άνθρακα 54

4 Μελέτη σκοπιμότητας και ανάλυση κόστους οφέλους για εγκατάσταση τροφοδοσίας στην ξηρά 56
4.1 Cold Ironing 56
4.1.1 Γενικές Πληροφορίες 56
4.1.2 Διαμόρφωση συστήματος Cold Ironing που προτείνεται από την ΕΕ . . 56
4.1.3 Εξοπλισμός απο την πλευρά του Λιμένα 57
4.1.4 Εξοπλισμός επί του πλοίου 59
4.2 Το λιμάνι της Σούδας 59
4.3 Κανονισμοί που ισχύουν για τα πλοία 60
4.4 Υπολογισμός εκπομπών στο λιμάνι της Σούδας 61
4.4.1 Συντελεστής Φορτίου 62
4.4.2 Παράγοντες Εκπομπών 63
4.5 Μελέτη Περίπτωσης 64
4.5.1 Ζήτηση Ενέργειας 66
4.5.2 Σύνοψη 73
4.6 Τεχνική Μελέτη 74
4.6.1 Οικονομική Μελέτη 77
4.6.2 Εξωτερικό κόστος των εκπομπών των πλοίων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία 79
4.6.3 Net Present Value model | Μοντέλο Καθαρής Παρούσας Αξίας 80
4.6.4 Υποθέσεις και Σενάρια Εγκατάστασης Cold Ironing 81
4.6.5 Αποτελέσματα της μεθόδου της Καθαρής Παρούσας Αξίας 83
4.7 Συμπεράσματα 85

5 Πίνακες δεδομένων 87

6 Βιβλιογραφία 92

1 Γενικά Στοιχεία

1.1 Τα θέματα που πρέπει να εξεταστούν

- Τεχνικές λύσεις για ασφαλή και αξιόπιστη σύνδεση με το δίκτυο, για κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών ενός πλοίου με συγκεκριμένη διαδικασία για ασφαλή σύνδεση.
- Ανάλυση του εκτιμώμενου κόστους σύνδεσης πλοίου με το δίκτυο σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο.
- Ανάλυση όλων των παραμέτρων με την εξέταση διαφορετικών σεναρίων για τη διαμόρφωση προτεινόμενης τιμολογιακής πολιτικής.
- Η προτεινόμενη τιμολογιακή πολιτική πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα περιβαλλοντικά οφέλη και η νέα προσέγγιση πρέπει να είναι δίκαιη για τον καταναλωτή με το μέγιστο όφελος για την εθνική οικονομία.

1.2 Δράσεις που σχετίζονται με την «Πράσινη Συμφωνία»

- Προσπάθεια πλήρους απεξάρτησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στους σταθμούς παραγωγής στην ξηρά από καύσιμα ενώσεων του άνθρακα (π.χ. με σημαντική διείσδυση ΑΠΕ κτλ.)
- Νέοι κανόνες στις μεταφορές (συμπεριλαμβανομένων των θαλασσίων) σύμφωνα με το πακέτο οδηγιών "fit-for-55%" που πρόκειται να τεθεί σε ισχύ από το 2023

Σύντομη περιγραφή του πακέτου οδηγιών «fit-for-55%»

Στις 14 Ιουλίου 2021 η Ευρωπαϊκή Επιστροπή εξέδωσε τα σχέδια οδηγιών με τη κωδική ονομασία «package of directives fit for 55%».

Τα μέτρα που συνδέονται με τη Ναυτιλία :

(1) **Οδηγία για εναλλακτικά καύσιμα (Alternative Fuels)**

Σύμφωνα με το σχέδιο οδηγίας περί εφαρμογής εναλλακτικών καυσίμων (μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και το ηλεκτρικό ρεύμα), η ηλεκτρική διασύνδεση πλοίων θα καταστεί υποχρεωτική για (τουλάχιστον το 90/100) από τα εξής είδη πλοίων :

- Εμπορευματοκιβωτιοφόρα (Container ships)
- Επιβατηγά (Passenger Ships)
- Επιβατηγά / οχηματαγωγά (Ro-pax Ferries)
- Ταχύπλοα οχηματαγωγά / επιβατηγά (hi-speed Ferries)
- Κρουαζιερόπλοια (cruise ships)

(2) **Οδηγία για το σύστημα εμπορίας ρύπων (Emission Trade System) στη ναυτιλία**

Σύμφωνα με την οδηγία για το σύστημα εμπορίας ρύπων, αυτό επεκτείνεται και στον ναυτιλιακό κλάδο με ημερομηνία εκκίνησης της εφαρμογής του από το 2023. Τα πρόστιμα που θα επιβάλλονται στα πλοία ρυπογόνας τεχνολογίας (δηλαδή πλοία που κινούνται με συμβατικά καύσιμα που στηρίζονται σε ενώσεις του άνθρακα) με συνεχείς προσαυξήσεις ανά διετία εώς το 2030. Τα πρόστιμα αυτά έχουν σκοπό να δράσουν ως κίνητρο στους πλοιοκτήτες για να επενδύσουν σε πλοία τεχνολογίας φιλικής προς το περιβάλλον (είτε νέες ναυπηγήσεις είτε μετασκευές υπαρχόντων) . Τα έσοδα από τη φορολόγηση των ρύπων θα οδηγούνται στο Ταμείο Καινοτομίας (Innovation Fund).

(3) **Οδηγία για τη φορολόγηση Ενέργειας (Energy Taxation Directive)**

Σύμφωνα με το αντίστοιχο σχέδιο Οδηγίας για τη Φορολόγηση Ενέργειας (το οποίο έχει σημαντικές αλλαγές σε σχέση με την ισχύουσα Οδηγία) , προκρίνονται διάφορα μέτρα ελάφρυνσης των επιβαλλόμενων φόρων προς τα εναλλακτικά καύσιμα και ειδικότερα για το ναυτιλιακό ηλεκτρικό ρεύμα για το οποίο θα υπάρξει περίοδος πλήρους φοροαπαλλαγής για 10 χρόνια. Επίσης προβλέπεται ειδικό καθεστώς φορολόγησης (π.χ. αποφυγή διπλής φορολόγησης) για τον εξοπλισμό λιμενικών υποδομών σχετικό με την ηλεκτροδότηση ελλιμενιζόμενων πλοίων (π.χ. μετασχηματιστές)

(4) **Οδηγία για τα ναυτιλιακά καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα (alternative and low carbon fuels in maritime transport)**

Σύμφωνα με αυτόν τον κανονισμό για τα ναυτιλιακά καύσιμα που έρχεται να συμπληρώσει τις προαναφερθείσες οδηγίες που αναφέρονται στη ναυτιλία, κατά τον ελλιμενισμό αντί της ηλεκτροδότησης (cold ironing) , εναλλακτικά, το πλοίο μπορεί να τροφοδοτείται ενεργειακά από τις εξής πηγές ενέργειας :

- Κυψέλες Καυσίμου
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)
- Μπαταρίες

Έτσι, συνάγεται ότι κατά τον ελλιμενισμό των πλοίων οι πηγές ενέργειας θα σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την ηλεκτρική ενέργεια

1.3 Τρόποι χρέωσης ρεύματος από τους λιμένες

1.3.1 Εναλλακτικές δυνατότητες τιμολογιακής πολιτικής και τρόποι χρέωσης ρεύματος από τους λιμένες

Στη συνέχεια συνοψίζονται αρχικές απόψεις διαφόρων φορέων προς συζήτηση.

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την πλευρά του λιμένα θεωρείται **παροχή λιμενικής υπηρεσίας** και στην οποία μπορεί να εμπλακούν πολλοί πάροχοι εκτός αν η λιμενική αρχή μπορεί να τεκμηριώσει γιατί θέλει να υπάρχει περιορισμένος αριθμός. [άρθρο 6 του Λιμενικού Κανονισμού 352/2017]. Η τεκμηρίωση από πλευράς λιμένα πρέπει να στηρίζεται σε μία σειρά από επιχειρήματα όπως ότι τίθενται προβλήματα στενότητας χώρου κλπ. που όμως μάλλον δεν ισχύουν γενικά για το ηλεκτρικό ρεύμα.

1.3.2 Ο ρόλος του λιμένα

Το λιμάνι θα μπορεί να είναι αποκλειστικός διαχειριστής του δικτύου του **(Closed Distribution Network Operator, CDNO)**, ή θα μπορεί να είναι πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας με το δίκτυο του, όμως να ανήκει στη δικαιοδοσία του ΔΕΔΔΗΕ. Σημαντικά θέματα που τίθενται:

(1) **Θα μπορεί το λιμάνι ως CDNO να επιλέγει την τιμή του commissioning fee που θα βάζει στο ρεύμα που πουλά; Υπάρχουν περιθώρια χαμηλών χρεώσεων;**

Προς το παρόν στην Ελλάδα , υπάρχει το μοναδικό προηγούμενο του αεροδρομίου «Ελευθέριος Βενιζέλος» και το διαφαινόμενο παράδειγμα του πάρκου στο Ελληνικό. Γενικά ο CDNO μπορεί να παρεμβαίνει στην τιμή χρέωσης μόνο, όμως, ως προς το μέρος των **ανταγωνιστικών χρεώσεων**, καθώς οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις προκύπτουν και παγιώνονται βάσει νομοθεσίας.

(2) **Το λιμάνι θα μπορεί να διαπραγματεύεται με παρόχους ενέργειας απευθείας ή θα πρέπει αυτό να γίνεται μέσω εξειδικευμένης εταιρίας στην οποία επιτρπεπεται να συμμετέχει;**

Ούτε αυτή η απάντηση είναι έτοιμη να δοθεί, καθώς το τοπίο αυτή τη στιγμή δεν είναι καθόλου ξεκάθαρο. Μάλλον το λιμάνι -όχι όμως αν είναι CDNO-θα μπορεί να συμμετέχει στο εταιρικό σχήμα ενός Προμηθευτή-Φορέα Σωρευτικής Εκπροσώπησης (Φο.Σ.Ε.) Παρόχων Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πιθανόν το σχήμα Προμηθευτή να περιλαμβάνει (κατά προτίμηση ή αποκλειστικότητα) παραγωγούς από ΑΠΕ ώστε η παρεχόμενη ενέργεια προς τα πλοία να είναι 100% μη ρυπογόνα.

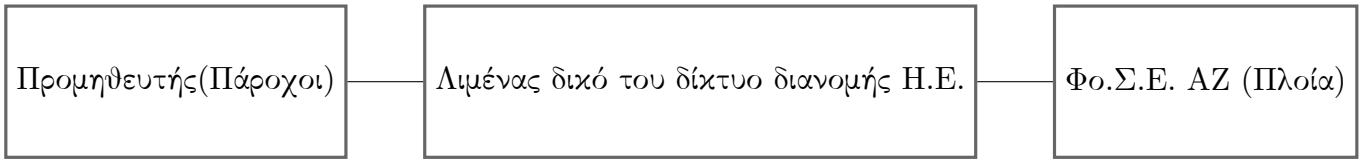
1.3.3 Ο ρόλος των ηλεκτροδοτούμενων πλοίων

Τα πλοία είναι οι πελάτες της Ηλεκτρικής Ενέργειας και θα εκποσωπούν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο τη Ζήτηση της Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ένας πιθανός τρόπος συνδιαλλαγής θα είναι τα πλοία (ίσως ανά κατηγορίες) να συνεταιρίζονται συνιστώντας έναν χονδρέμοπο-πελάτη που αγοράζει μαζικά ηλεκτρική ενέργεια (Φο.Σ.Ε. ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας). Το περιγραφόμενο σχήμα σωρευτικής εκπροσώπησης Ζήτησης μπορεί να προκύψει από τα πλοία που σταθερά ελλιμενίζονται στον λιμένα(π.χ. πλοία ακτοπλοϊας), αλλά σε αυτό το εταιρικό σχήμα μπορεί να προσχωρεί και οποιοδήποτε πλοίο επισκέπτεται περιστασιακά το λιμάνι.

Σημειώνεται ότι τα πλοία λόγω των εγκατεστημένων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας που διαθέτουν (έστω και αν αυτές είναι ρυπογόνες) μπορούν ενίοτε να συνδράμουν έστω και σε μικρό βαθμό στην ευσταθή εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης. Μακροπρόθεσμα, όμως, τα πλοία αναμένεται να μπορούν να συνδράμουν και πιο ουσιαστικά καθώς θα έχουν και αυτά μη ρυπογόνες πηγές ενέργειας (κυψέλες καυσίμου, γεννήτριες με υδρογόνο, μεθανόλη ή άλλο πράσινο καύσιμο).

Σε πιο μεσοπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα όμως, τα πλοία ή το εταιρικό σχήμα τους (Φο.Σ.Ε) θα μπορούν να συνδράμουν στην εξισορρόπηση παροχής και ζήτησης μέσω των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που θα δύνανται έναντι ωφελημάτων να την προσφέρουν προς το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω του δικτύου του λιμένα. Συγκεκριμένα:

- Πλοία ακτοπλοϊας (π.χ. μικρών αποστάσεων) στα οποία η κύρια πηγή τους κατά την πλεύση θα είναι μπαταρίες, θα μπορούν να διαθέτουν μέρος της αποθηκευτικής ικανότητας κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους
- Πλοία μεγάλων αποστάσεων (επιβατηγά,φορτηγά) που θα έχουν μπαταρίες για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους μόνον κατά τον ελλιμενισμό και ως εναλλακτική λύση της ηλεκτρικής διασύνδεσης, θα μπορούν, επίσης να διαθέτουν μέρος της αποθηκευτικής ικανότητας κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους.



1.3.4 Σημεία προς θεώρηση και συζήτηση

Η περίοδος πλήρους φοροαπαλλαγής για το ναυτιλιακό ηλεκτρικό ρεύμα που από το «fit-for-55%» προβλέπεται για διάστημα 10 ετών από το έτος 2030 (οπότε και θα ισχύουν αυστηρότεροι περιορισμοί στους επιτρεπόμενους ναυτιλιακούς ρύπους) ή από το έτος εφαρμογής σταθμών OPS στον εκάστοτε λιμένα, να έχει την προοπτική ακόμη μεγαλύτερης διάρκειας της φοροαπαλλαγής π.χ. σε συνάρτηση με τη δημοσιονομική κατάσταση της εκάστοτε χώρας-μέλους ή των ειδικών συνθηκών που επικρατούν.

Για παράδειγμα στην Ελλάδα:

- υπάρχει η νησιωτικότητα, η αναγκαστική χρήση των θαλασσίων μεταφορών τουλάχιστον για μεταφορά αγαθών αν όχι και ανθρώπων για τους οποίους υπάρχουν και εναέριες μεταφορές αλλά όχι σε όλα τα νησιά.
- υπάρχει η έλλειψη ηλεκτρικής διασύνδεσης με το πρόγραμμα διασύνδεσης πολλών νησιών αλλά όχι όλων να ολοκληρωθεί επίσης περί το 2030.

Ίσως μπορεί να εξεταστεί η δυνατότητα -έστω και μεταβατικά- για μία ελάχιστη χρέωση ειδικά για το ναυτιλιακό ηλεκτρικό ρεύμα που να μην υπόκειται στους νόμους της ελεύθερης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (υπό καθεστώς εξαίρεσης).

Τα έσοδα από τη φορολόγηση των ρύπων που θα οδηγούνται στο Ταμείο Καινοτομίας **(Innovation Fund)** να προωθούνται και σε κατευθύνσεις για τη χρηματοδότηση προώθησης των εναλλακτικών καυσίμων στη ναυτιλία και την κατασκευή υποδομών ηλεκτροδότησης πλοίων στους λιμένες με νέες τεχνολογίες.

1.4 Παραρτήματα

1.5 Παράρτημα Α

Σημαντικά σημεία από τις «fit-for-55%» οδηγίες

1. Υποχρεωτική εγκατάσταση υποδομών από ξηράς παροχής ηλεκτρικής ενέργειας κατά προτεραιότητα σε λιμένες του κεντρικού δικτύου του ΔΕΔ-Μ, και σε άλλους λιμένες, εώς τις 31 Δεκεμβρίου 2025 (σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2014/94/ΕΕ Άρθρο 4). εκτός εάν δεν υπάρχει ζήτηση και το κόστος είναι δυσανάλογο προς τα οφέλη, μεταξύ των οποίων και τα περιβαλλοντικά οφέλη.

2. Ενίσχυση των ηλεκτρικών υποδομών με σκοπό την εξυπηρέτηση των αυξημένων ενεργειακών αναγκών των λιμένων μέσα στο πλαίσιο της ενεργειακής αναβάθμισης της οποίας το πρώτο βήμα αποτελεί η ηλεκτροδότηση των πλοίων. Η ενίσχυση αυτή ισχύος πρέπει να γίνει από πλευράς εθνικού δικτύου κατά κανόνα Διανομής (αρμοδιότητας ΔΕΔΔΗΕ) και ίσως σπανιότερα από το δίκτυο Μεταφοράς (αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ). Για αυτό τον σκοπό απιτείται η καταγραφή των ενεργειακών αναγκών (ως αιχμές-μέγιστες τιμές) των λιμένων για να μπορούν να εξυπηρετούν πλήρως όλους τους τύπους πλοίων που ελλιμενίζονται σε αυτά.

3. Μέτρα πολιτικής για τη στήριξη της εφαρμογής του εθνικού πλαισίου πολιτικής συμπεριλαμβανομένων:

   - κίνητρα για την αγορά μεταφορικών μέσων που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα ή δημιουργία της υποδομής
   - πρόβλεψη φορολογικών κινήτρων για την προώθηση μεταφορικών μέσων που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα και τις σχετικές υποδομές.
   - χρήση δημόσιων συμβάσεων για τη στήριξη των εναλλακτικών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων των ομαδοποιημένων συμβάσεων
   - μη οικονομικά κίνητρα από την πλευρά της ζήτησης:
     * πρόσβαση σε ζώνες περιορισμένης πρόσβασης
     * πολιτική στάθμευσης
     * ειδικές λωρίδες κυκλοφορίας

4. Οι προτάσεις της δέσμης «fir-for-55%» περιέχουν τα δικά τους ειδικά χρηματοδοτικά μέσα για τη στήριξη της δίκαιης μετάβασης, με βάση τα έσοδα που προκύπτουν από την επέκταση και την ενίσχυση της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών. Κατ΄αυτό τον τρόπο υπογραμμίζονται για άλλη μια φορά οι διασυνδέσεις μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της εν λόγω δέσμης προτάσεων. Οι υφιστάμενοι μηχανισμοί αλληλεγγύης και τα υφιστάμενα ταμεία ενισχύονται, προκειμένου να αντιμετοπιστούν οι διανεμητικές επιπτώσεις και να τονωθούν περαιτέρω οι επενδύσεις σε καινοτόμες λύσεις χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών. Το μέγεθος και το πεδίο εφαρμογής του Ταμείου Καινοτομίας επεκτείνονται, ώστε να παρέχεται στήριξη σε έργα με τη μορφή συμβάσεων επί διαφοράς για τον άνθρακα, με στόχο τη μείωση των εκπομπών στη βιομηχανία.

5. Εγγυήσεις προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρησιμοποιείται για την ηλεκτροδότηση των σταθμών OPS και των σταθμών φόρτισης οχημάτων ως προς την προέλευση της (παραγωγή από ανανεώσιμες πήγες ενέργειας). Είναι εξίσου σημαντικό

να αποφευχθεί η μετατόπιση των εκπομπών προς τα πάνω στην αλυσίδα παροχής ενέργειας, διασφαλίζοντας ότι οι εγκαταστάσεις OPS στα λιμάνια θα έχουν πρόσβαση σε καθαρή ενέργεια ή ενέργεια χαμηλών εκπομπών ρύπων.

6. Το θεσμικό πλαίσιο πρέπει να προβλέπει την έκδοση εγγυήσεων προέλευσης ύστερα από αίτημα των λιμένων είτε ως καταναλωτών είτε ως παραγωγών από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Οι ρυθμίσεις μπορούν να εξαρτώνται από στοιχειώδες όριο δυναμικού. Η εγγύηση προέλευσης θα αντιστοιχεί σε τυποποιημένη ισχύ 1MWh.

7. Λήψη κατάλληλων μέτρων για την ανάπτυξη της δικτυακής υποδομής μεταφοράς και διανομής, ευδυών δικτύων, εγκαταστάσεων αποθήκευσης και του συστήματος ηλετρκοδότησης προκειμένου να καταστεί δυνατή η ασφαλής λειτουργία του συστήματος ηλετρκοδότησης πλοίων και η περαιτέρω ανάπτυξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές εντός των λιμένων.

8. Ανάπτυξη δικτυακής υποδομής μεταφοράς και διανομής του συστήματος ηλεκτροδότησης ώστε να επιτρέπει την περαιτέρω ανάπτυξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές, συμπεριλαμβανομένων των διασυνδέσεων μεταξύ κρατών μελών, καθώς και μεταξύ κρατών μελών και τρίτων χωρών. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν επίσης τα κατάλληλα μέτρα για να επιταζύνουν τις διαδικασίες χορήγησης άδειας για δικτυακή υποδομή και για να συντονίσουν την έγκριση της δικτυακής υποδομής με τις διοικητικές διαδικασίες και τις διαδικασίες προγραμματισμού.

9. Η βελτιστοποίηση και διαχείριση των λειτουργιών επαναφόρτισης με τρόπο που να μην προκαλεί συμφόρηση και να εκμεταλλεύεται πλήρως τη διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις χαμηλές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα θα μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα του συστήματος. ΣΕ καταστάσεις στις οποίες η αμφίδρομη φόρτιση θα συνέβαλε στην περαιτέρω διείσδυση της ηλετρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές από ηλεκτρικά πλοία και στο ΄συστημα ηλεκτρικής ενέργειας γενικότερα, θα πρέπει επίσης να διατίθεται αυτή η λειτουργικότητα. Λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής των σημείων επαναφόρτισης, οι απαιτήσεις για τις υποδομές φόρτισης θα πρέπει να επικαιροποιούνται με τρόπο που να καλύπτει τις μελλοντικές ανάγκες και να μην οδηγεί σε αρνητικά φαινόμενα αγκλωβισμού όσον αφορά την ανάπτυξη της τεχνολοδίας και των υπηρεσιών.

10. Ανάπτυξη εγκαταστάσεων και υποδομών για ηλεκτρική φόρτιση των πλοίων **(electric bunkering)** σε πορθμεία,λιμένες και θαλάσσιες διασυνδέσεις κοντινών αποστάσεων καθώς και σε πλοία υποστήριξης λιμενικών δραστηριοτήτων (π.χ. ρυμουλκά). Η Ελλάδα αποτελεί ένα ιδανικό πεδίο εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας βάσει των αρχιπελαγικών της χαρακτηριστικών, του μεγάλου αριθμού θαλάσσιων διασυνδέσεων περιοχών μικρής και μέσης απόστασης, καθώς και των διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να αξιοποιηθούν για την επί τόπου ηλεκτροπαραγωγή.

11. Πρόβλεψη για επενδύσεις αναβάθμισης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, βάσει ενός ολοκληρωμένου προγράμματος σχεδιασμού και ανάπτυξης από τους εμπλεκόμενους φορείς.

12. Να αρθούν τα εμπόδια που εμποδίζουν την αποτελεσματική σύζευξη του κλάδου της ναυτιλίας, με την προώθηση ίσων όρων ανταγωνισμού σε όλους τους ενεργοβόρους τομείς, μεταξύ άλλων με την άρση των φορολογικών ελαφρύνσεων για τα ορυκτά καύσιμα, καθιέρωση της τιμολόγησης του άνθρακα σε κλάδους εκτός Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών της ΕΕ και εξισορρόπηση φόρων, εισφορών και κινήτρων, κατανέμοντας δίκαια το κόστος και τα οφέλη ανάμεσα στους κλάδους.

1.6 Παράρτημα Β

Άρθρο 6 κανονισμού 352/2017 περί παροχής λιμενικών υπηρεσιών Περιορισμοί στον αριθμό των παρόχων λιμενικών υπηρεσιών

1. Ο διαχειριστικός φορέας του λιμένα ή η αρμόδια αρχή δύναται να περιορίσει τον αριθμό των παρόχων λιμενικών υπηρεσιών για δεδομένη λιμενική υπηρεσία για έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους λόγους:

   – σπανιότητα ή αποκλειστική χρήση της γης ή της παράκτιας ζώνης υπό την προϋπόθεση ότι ο περιορισμός είναι σύμφωνος με τις αποφάσεις ή τα σχέδια που σθμφωνήθηκαν από τον διαχειριστικό φορέα του λιμένα και , κατά περίπτωση , από κάθε άλλη δημόσια αρχή που είναι αρμόδια σύμφωνα με το εθνικό δίκαιο.

   – η απουσία τέτοιου περιορισμού εμποδίζει την εκπλήρωση των υποχρεώσεων παροχής δημόσιας υπηρεσίας όπως προβλέπονται στο άρθρο 7, μεταξύ άλλων όταν η απουσία αυτή οδηγεί σε υπερβολικά υψηλές δαπάνες σχετικά με την εκπλήρωση τέτοιου είδους υποχρεώσεων για τον διαχειριστικό φορέα του λιμένα, την αρμόδια αρχή ή τους χρήστες του λιμένα.

   – η απουσία τέτοιου περιορισμού αντιβαίνει στιν ανάγκη να εξασφαλισθούν η ασφάλεια, η προστασία και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα των λιμενικών υπηρεσιών.

   – λόγω των χαρακτηριστικών των λιμενικών υποδομών ή του είδους της κυκλοφορίας στον λιμένα, η δραστηριοποίηση πολυάριθμων παρόχων λιενικών υπηρεσιών στον λιμένα δεν θα ήταν δυνατή.

   – όταν έχει διαπιστωθεί, σύμφωνα με το άρθρο 35 της οδηγίας 2014/25/ΕΕ, ότι ένας λιμενικός τομέας ή υποτομέας, μαζί με τις λιμενικές του υπηρεσίες , ασκεί εντός του κράτους μέλους δραστηριότητα η οποία είναι άμεσα εκτεθειμένη στον ανταγωνισμό σύμφωνα με το άρθρο 34 της οδηγίας αυτής. Σε αυτή την περίπτωση δεν εφαρμόζονται οι παραγράφοι 2 και 3 του παρόντος άρθρου.

2. Με στόχο να δοθεί σε κάθε ενδιαφερόμενο μέρος η ευκαιρία να διατυπώσει παρατηρήσεις εντός εύλογης προθεσμίας, ο διαχειριστικός φο΄ρεας του λιμένα ή η αρμόδια αρχή δημοσιεύει κάθε πρόταση για περιορισμό του αριθμού των παρόχων λιμενικών υπηρεσιών σύμφωνα με την παράγραφο 1, μαζί με την αιτιολόγηση της, τουλάχιστον τρεις μήνες πριν από την έκδοση της απόφασης για τον περιορισμό του αριθμού των παρόχων λιμενικών υπηρεσιών.

3. Ο διαχειριστικός φορέας του λιμένα ή η αρμόδια αρχή δημοσιεύει την εκδοθείσα απόφαση για τον περιορισμό του αριθμού των παρόχων λιμενικών υπηρεσιών.

4. Όταν ο διαχειριστικός φορέας του λιμένα ή η αρμόδια αρχή αποφασίζει να περιορίσει τον αριθμό των παρόχων λιμενικής υπηρεσίας, ακολουθείται η διαδικασία επιλογής η οποία είναι ανοιχτή προς ότα τα ενδιαφερόμενα μέρη, δεν εισάγει διακρίσεις και είναι διαφανής. Ο διαχειριστικός φορέας του λιμένα ή η αρμόδια αρχή δημοσιεύει πληροφορίες σχετικά με τη λιμενική υπηρεσία που πρέπει να παρασχεθεί και με τη διαδικασία επιλογής, και διασφαλίζει ότι όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη έχουν όντως πρόσβαση σε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τη σύνταξη των απαιτήσεων τους. Στα ενδιαφερόμενα μέρη δίνεται αρκετός χρόνος ώστε να τους επιτραπεί να προβούν σε ουσιαστική αξιολόγηση και να προετοιμάσουν την αίτηση τους. Υπό κανονικές συνθήκες, η ελάχιστη αυτή προθεσμία ορίζεται σε 30 ημέρες.

5. Η παράγραφος 4 δεν εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που αναφέρονται στην παράγραφο 1 στοιχείο «ε» και στην παράγραφο 7 του παρόντος άρθρου και στο άρθρο 8.

6. Όταν ο διαχειριστικός φορέας λιμένα ή η αρμόδια αρχή παρέχει λιμενικές υπηρεσίες είτε ο ίδιος/η ίδια ή μέσω νομικά ανεξάρτητης οντότητας την οποία ελέγχει άμεσα ή έμμεσα, το οικείο κράτος μέλος λαμβάνει τα μέτρα που είναι αναγκαία για την αποφυγή συγκρούσεων συμφερόντων. Ελλείψη τέτοιων μέτρων, οι πάροχοι δεν μπορεί να έιανι λιγότεροι από δύο, εκτός εάν ένας ή περισσότεροι από τους λόγους της παραγράφου 1 δικαιολογεί περιορισμό του αριθμού των παρόχων λιμενικών υπηρεσιών σε έναν μόνον πάροχο.

7. Τα κράτη μέλη μπορούν να αποφασίζουν ότι οι λιμένες τους που ανήκουν στο ολοκληρωμένο δίκτυο και δεν πληρούν τα κριτήρια του άρθρου 20 παράγραφος 2 στοιχείο «β» του κανονισμού (ΕΕ) αριθμ. 1315/2013 μπορούν να περιορίζουν τον αριθμό των παρόχων δεδομένης λιμενικής υπηρεσίας. Όταν ένα κράτος μέλος προβαίνει σε τέτοια απόφαση, ενημερώνει σχετικά την Επιτροπή.

1.6.1 Κανονισμός Λειτουργείας 2017/352/EU

- **Άρθρο 2**
  Ανεφοδιασμός , « Bunkering» , σημαίνει η παροχή στερεού, υγρού ή αέριου καυσίμου ή οποιασδήποτε άλλης πηγής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την πρόωση του θαλάσσιου σκάφους καθώς και για γενική και ειδική παροχή ενέργειας στο σκάφος ενώ είναι ελλιμενισμένο.

- **Άρθρο 6**
  Όταν ο φορέας διαχείρισης του λιμένα, ή η αρμόδια αρχή, παρέχει λιμενικές υπηρεσίες είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω μιας νόμιμης οντότητας την οποία ελέγχει, το Member State θα πρέπει να λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα για αποφυγή συγκρούσεων ενδιαφερόντων. Στην απουσία τέτοιων μέτρων, ο αριθμός των παρόχων δεν πρέπει να είναι χαμηλότερος των δύο, εκτός εάν ένας ή περισσότεροι λόγοι που παρατείθονται στην παράγραφο 1 δικαιολογούν τον περιορισμό στον αριθμό των παρόχων των λιμενικών υπηρεσιών σε ένα μόνο πάροχο.

- **Άρθρο 8 - Internal Operator**
  Με την επιφύλαξη του άρθρου 6, ο φορέας διαχείρισης του λιμένα, ή η αρμόδιος αρχή, μπορεί να αποφασίσει να παράγει λιμενικές υπηρεσίες άμεσα η ίδια, ή μέσω μια νόμιμης οδού πάνω στην οποία ασκεί ένα βαθμό ελέγχου παρόμιο με αυτό που ασκεί στα δικά της τμήματα, υπό την προϋπόθεση ότι το άρθρο 4 εφαρμόζεται εξίσου σε όλους τους φορείς εκμετάλλευσης που παρέχουν στον λιμένα την σχετική υπηρεσία. Σε αυτή την περίπτωση, ο πάροχος λιμενικών υπηρεσιών πρέπει να θεωρείται εσωτερικός διαχειριστής για τους σκοπούς του εν λόγω κανονισμού.

1.6.2 Οδηγία 2019/944/EU για τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και την τροποποίηση

- (8) «Ενεργός Πελάτης» ένας τελικός πελάτης ή μια ομάδα τελικών πελατών που ενεργούν από κοινού, οι οποίοι καταναλώνουν ή αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται ... ή που πουλά ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον ίδιο ή συμμετέχει σε πρόγραμμα ευελιξίας ή ενεργειακής απόδοσης, υπό την προϋπόθεση ότι οι δραστιριότητες αυτές δεν αποτελούν την κύρια εμπορική ή επαγγελματική του δραστιριότητα. **Article 15 of 2019/944/EU**

- (19)«Ανεξάρτητος Συσσωρευτής», ένας συμμετέχοντας στην αγορά ο οποίος ανήκει στην συγκέντρωση αλλά δεν είναι συνδεδεμένος με τον προμηθευτή του πελάτη. **Article 17 of 2019/944/EU**

- (19) «Πολιτειακή Ενεργειακή Κοινότητα»: σημαίνει νομική οντότητα που : [άρθρο 16 του 2019/944/ΕΕ] φυσικά πρόσωπα, τοπικές αρχές συμπεραλμβανομένων δήμων, ή μικρές επιχειρήσεις (επιχείρηση που απασχολεί <50 άτομα και των οποίων ο ετήσιος κύκλος εργασιών ή/και το σύνολο του ετήσιου ισολογισμού<10 εκατ.) έχει για τον πρωταρχικό του σκοπό να παρέχει περιβαλλοντικά, οικονομικά ή κοινωνικά οφέλη της κοινίτηταστα μέλη ή τους μετόχους ή στις τοπικές περιοχές όποθ ρδαστηριοποιείται αντί να παράγει οικονομικά κέρδη και μπορεί να σθμμετέχει σε παραγωγή συμπεριλαμβανομένων από ανανεώσιμες πηγές , διανομή , προμήθεια , κατανάλωση , συγκέντρωση αποθήκευση ενέργειας , υπηρεσίες ενεργειακής απόδοσης ή υπηρεσίες φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα ή να παρέχει άλλες ενεργειακές υπηρεσίες στα μέλη ή τους μετόχους του.

- (29) «Διαχειριστής Συστήματος Διανομής»: φυσικό ή νομικό πρόσωπο που είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία, τη διασφάλιση της συντήρησης και, εάν είναι απαραίτητο, την ανάπτυξη του συστήματος διανομής σε μια δεδομένη περιοχή και, κατά περίπτωση, τις διασυνδέσεις του με άλλα συστήματα, και διασφαλίζοντας τη μακροπρόθεσμη ικανότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται σε εύλογες απαιτήσεις για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

- (53) «Κάθετα Ολοκληρωμένη Επιχείρηση»: επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας ή όμιλος επιχειρήσεων ηλεκτρικής ενέργειας όπου το ίδιο πρόσωπο ή τα ίδια πρόσωπα δικαιούνται, άμεσα ή έμμεσα να ασκούν έλεγχο, όταν η επιχείρηση ή ο όμιλος εκτελεί τουλάχιστον μία από τις λειτουργίες μεταφοράς ή διανομής και τουλάχιστον μία από τις λειτουργίες παραγωγής ή προμήθειας.

- (54) «Οριζόντια Ολοκληρωμένη Επιχείρηση»: επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας που εκτελεί τουλάχιστον μία από τις λειτουργίες παραγωγής προς πώληση , μεταφοράς , διανομής ή και προμήθειας και μία άλλη μη ηλεκτρική δραστηριότητα.

- **Άρθρο36.** Οι διαχειρηστές συστημάτων διανομής δεν κατέχουν, αναπτύσσουν, διαχειρίζονται ή εκμεταλλεύονται εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας. Κατά παρέκκλιση, τα κράτη μέλη μπορούν να επιτρέπουν στους διαχειριστές συστημάτων διανομής να κατέχουν, να αναπτύσσουν, να διαχειρίζονται ή να λειτουργούν εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας, εφόσον αποτελούν πλήρως ενσωματωμένα στοιχεία δικτύου και η ρυθμιστική αρχή έχει χορηγήσει την έγκρισή της.

1.6.3 Διαχειριστής Κλειστού δικτύου Διανομής|Άρθρο 38-2019/944/ΕΕ

- (66) Όταν χρησιμοποιείται κλειστό σύστημα διανομής για τη διασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης μιας ολοκληρωμένης παροχής που απαιτεί συγκεκριμένα επιχειρησιακά πρότυπα ή όταν ένα κλειστό σύστημα διανομής διατηρείται κυρίως για τη χρήση του ιδιοκτήτη του συστήματος, θα πρέπει να είναι δυνατή η εξαίρεση του διαχειριστή του δικτύου διανομής από υποχρεώσεις που θα συνιστούσαν περιττό διοικητικό φόρτο λόγω της ιδιαίτερης φύσης της σχέσης μεταξύ του διαχειριστή συστήματος διανομής και των χρηστών του συστήματος. Βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εμπορικές εγκαταστάσεις ή κοινόχρηστες τοποθεσίες υπηρεσειών, όπως κτίρια σιδηροδρομικών σταθμών, αεροδρόμια, νοσοκομεία, μεγάλα κάμπινγκ με ενσωματωνμένες εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις χημικής βιομηχανίας μπορεί να περιλαμβάνουν κλειστά συστήματα διανομής λόγω της εξειδικευμένης φύσης των λειτουργιών τους.

- (62) Οι διαχειριστές συστημάτων δεν θα πρέπει να κατέχουν, να αναπτύσσουν, να διαχειρίζονται ή να λειτουργούν εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας. Στο νέο σχεδιασμό της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι υπηρεσίες αποθήκευσης ενέργειας θα πρέπει να βασίζονται στην αγορά και να είναι ανταγωνιστικές. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να αποφεύγεται η διασταυρούμενη επιδότηση μεταξύ της αποθήκευσης ενέργειας και των ρυθμιζόμενων λειτουργιών διανομής ή μεταφοράς. Αυτοί οι περιορισμοί στην ιδιοκτησία των εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας είναι να αποτρέψουν την στρέβλωση του ανταγωνισμού, να εξαλείψουν τον κίνδυνο διακρίσεων, να εξασφαλίσουν δίκαιη πρόσβαση σε υπηρεσίες αποθήκευσης ενέργειας σε όλους τους συμμετέχοντες στην αγορά και να προωθήσουν την αποτελεσματική και αποδοτική χρήση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας, πέρα από τη λειτουργία του συστήματος διανομής και μεταφοράς. Η απαίτηση αυτή πρέπει να ερμηνευθεί και να εφαρμόζεται σύμφωνα με τα δικαιώματα και τις αρχές που θεσπίζονται βάσει του Χάρτη των Θεμελιωδών Δικαιωμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ιδίως της ελευθερίας της επιχειρηματικής δραστηριότητας και του δικαιώματος ιδιοκτησίας που εγγυώνται τα άρθρα 16 και 17 του χάρτη.

1.6.4 Διαχειριστής Κλειστού δικτύου Διανομής και Αποθήκευσης Ενέργειας

- (51) «Πλήρως Ολοκληρωμένα Στοιχεία Δικτύου»: στοιχεία δικτύου που είναι ενσωματωμένα στο σύστημα μεταφοράς ή διανομής, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, και που χρησιμοποιούνται με αποκλειστικό σκοπό τη διασφάλιση της ασφαλούς και αξιόπιστης λειτουργίας του συστήματος μεταφοράς ή διανομής και όχι για εξισορρόπηση ή διαχείριση συμφόρησης. (σταθεροποιητές σε δίκτυα λιμένων)

- (63) Όταν οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας είναι πλήρως ενσωματωμένα στοιχεία δικτύου που δεν χρησιμοποιούνται για εξισορρόπηση ή για διαχείριση συμφόρησης, δεν θα πρέπει, υπό την επιφύλαξη της έγκρισης της ρυθμιστικής αρχής, να υποχρεούνται να συμμορφόνονται με τους ίδιους αυστηρούς περιορισμούς για τους διαχειριστές συστημάτων για κατοχή, ανάπτυξη, διαχείριση ή για λειτουργία αυτών των εγκαταστάσεων. Τέτοια πλήρως ενσωματωμένα στοιχεία δικτύου μπορούν να περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας, όπως πυκνωτές ή σφόνδυλους που παρέχουν σημαντικές υπηρεσίες για την ασφάλεια και την αξιοπιστία του δικτύου και συμβάλλουν στον συγχρονισμό διαφορετικών τμημάτων του συστήματος.

2 Σύνδεση πλοίων με παράκτια ηλεκτρική ενέργεια στη Σουηδία

2.1 Περίληψη

Σκοπός του έργου KAJ-EL ήταν να προσφέρει υποστήριξη αποφάσεων σε λιμάνια και ναυτιλιακές εταιρείες σχετικά με την εφαρμογή και χρήση της παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας στα σουηδικά λιμάνια. Πιο συγκεκριμένα, αυτό το έργο διερεύνησε τα ακόλουθα, μεταξύ άλλων ερωτημάτωνπου σχετίζονται με την ισχύ στην ξηρά :

- Τις κινητήριες δυνάμεις και τα εμπόδια μεταξύ των λιμανιών και των ναυτιλιακών εταιρειών για την προσφορά ή τη χρήση ενέργειας στην ξηρά.
- Τη λήψη αποφάσεων, τα βήματα και τους φορείς που εμπλέκονται στη διαδικασία υιοθέτησης της ισχύος στην ξηρά.
- Το κόστος και οι επιχειρηματικές ρυθμίσεις για την εγκατάσταση και τη λειτουργία της ηλεκτρικής ενέργειας στη ξηρά.
- Τις προκλήσεις στην εγκατάσταση και λειτουργία της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά.
- Ο διαφορετικός εξοπλισμός ισχύος στην ξηρά που χρησιμοποιείται στα σουηδικά λιμάνια και στα πλοία.
- Τις ενέργειες και την προϋπόθεση για την υλοποίηση της υιοθέτησης OPS σε μεγαλύτερο βαθμό.

2.2 Τροφοδοτικό στην ξηρά | OPS

Το **OPS** αναφέρεται σε σκάφη που συνδέονται με ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά ενώ βρίσκονται στο λιμάνι για να ελαχιστοποιήσουν ή να εξαλείψουν τη χρήση καυσίμου για τις μηχανές εσωτερικής καύσης (ICE) (βοηθητικές μηχανές). Χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επί του σκάφους για τη διατήρηση των βασικών λειτουργιών ενώ βρίσκεται αγκυροβολιμένο.

Το **OPS** μπορεί επίσης να αναφέρεται ως **Cold Ironing**, τροφοδοσία από ακτή, ηλεκτροδότηση από ακτή σε πλοίο, σύνδεση από ακτή με πλοίο, σύνδεση πλοίου σε ακτή, παροχή ρεύματος στην ακτή, σύνδεση στην ξηρά, τροφοδοσία από ακτή, εναλλακτική ναυτιλία ισχύος (AMP) κτλ. Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται συνήθως από μια υποδομή ηλεκτρικής ενέργειας που είναι τοποθετημένη εντός του λιμανιού. Ως εκ τούτου, ο λιμένας πρέπει να έχει εγκατεστημένη ή τοποθετημένη και διαθέσιμη αυτή την υποδομή και το σκάφος πρέπει να είναι κατάλληλα εξοπλισμένο. Το **OPS** μπορεί επίσης να μεταφερθεί σε υβριδικά και ηλεκτρικά πλοία και να χρησιμοποιηθεί για να επαναφορτίσει τις μπαταρίες τους.

2.2.1 Πλεονεκτήματα του OPS

- Η χρήση του OPS θα πρέπει να επιτρέπει τη μείωση ή ακόμη και την εξάλειψη των τοπικών εκπομπών από τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών των πλοίων ενώ βρίσκονται στο λιμάνι.

- Το σβήσιμο των βοηθητικών μηχανών ενώ βρισκόταν σε αγκυροβόλιο είχε ως αποτέλεσμα το προσωπικό του πλοίου να εκτίθεται σε λιγότερο θόρυβο και λιγότερες εκπομπές στο κατάστρωμα, το περιβάλλον του μηχανοστασίου να είναι πιο ήσυχο κατά τη διάρκεια των κλήσεων σε λιμάνι, και μειωμένη ανάγκη συντήρησης τέτοιων κινητήρων.

- Η χρήση του OPS από πλοία εμπορευματοκιβωτίων στο αγκυροβόλιο θα μπορούσε να οδηγήσει σε μειώσεις των εκπομπών εντός του λιμένα κατά 48–70%, 3–60%, 40–60% και 57–70% για το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), διοξείδιο του θείου (SO_2), οξείδια του αζώτου (NO_x) και μαύρου άνθρακα (BC).

  - Αντίστοιχα, αυξημένα οφέλη παρατηρούνται για τα λιμάνια της περιοχής ελέγχου μη εκπομπών θείου (SECA) με μεγάλες διάρκειες αγκυροβόλησης πλοίων και μεγαλύτερο ποσοστό μεγάλων πλοίων.

- Η παράκτια ηλεκτρική ενέργεια είναι ευεργετική για την ταυτόχρονη μείωση όλων των ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπονται από τη ναυτιλία στα λιμάνια.

Τα ευρήματα των Winkel, Weddige, Johnsen, Hoen και Παπαευθυμίου (2016) δείχνουν ότι τα συνολικά αναμενόμενα οφέλη για την υγεία από τη χρήση παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας στα λιμάνια της ΕΕ υπολογίστηκαν σε 2,94 δισεκατομμύρια ευρώ για το 2020. Το ενδεχόμενο μείωσης των εκπομπών άνθρακα έφτασε τους 800.000 τόνους CO2.

Ωστόσο, η παροχή ενέργειας στα λιμάνια ποικίλλει σε περιφερειακό και διεθνές επίπεδο, και η αποτελεσματικότητα του OPS παγκοσμίως διέπεται από αυτήν την παραλλαγή. Οι πολιτικές μιας χώρας και οι δυνατότητες για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) καθορίζουν το ποσό της εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται με τη χρήση του OPS, τόσο τώρα όσο και στο μέλλον, καθώς το μείγμα των ενεργειακών πηγών θα αλλάξει με την πάροδο του χρόνου.

Τα μοναδικά χαρακτηριστικά κάθε λιμανιού παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα κάθε πολιτικής. Επιπλέον, η κατανομή των μεγεθών των πλοίων είναι σημαντική, καθώς τα μεγαλύτερα πλοία προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης των εκπομπών. Ο χρόνος που δαπανάται στο αγκυροβόλιο είναι επίσης σημαντικός και ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, το φορτίο και την αποδοτικότητα του λιμένα. Με την αυξημένη υιοθέτηση μεθόδων όπως η μείωση της ταχύτητας και η παροχή OPS ενώ βρίσκονται σε ελλιμενισμό, είναι απαραίτητο τα λιμάνια να είναι σε θέση να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις διαχείρισης χρησιμοποιώντας αντιπροσωπευτικές πληροφορίες δραστηριότητας πλοίων για την αξιολόγηση του κόστους και των οφελών εναλλακτικών πολιτικών. Θα πρέπει να γίνει απογραφή των εκπομπών και ανάλυση κόστους-οφέλους ως βάση για περαιτέρω μέτρα και την αποτελεσματική μείωση των εκπομπών των πλοίων στο αγκυροβόλιο.

Οι εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση του OPS εξαρτώνται από το ενεργειακό μείγμα που χρησιμοποιείται από το λιμάνι. Συνεπώς, για να εκτιμηθούν τα πραγματικά πιθανά οφέλη από την παροχή OPS, είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι προκύπτουσες εκπομπές από τη χρήση βοηθητικών κινητήρων και ο τύπος καυσίμου που καίγεται από τα πλοία ως τιμές αναφοράς. Εν συνεχεία τα συγκρίνουμε με το OPS τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, και με το ενεργειακό μείγμα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά.

Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν πρέπει να γίνει εις βάρος της αυξημένης ηλεκτρικής ρύπανσης.

- Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά θα παράγει περισσότερους ρύπους σε παγκόσμιο επίπεδο, ειδικά όταν εφαρμόζεται σε χώρες με χαμηλής ποιότητας ενεργειακό μείγμα.
- Η πιθανή πρόσθετη έκθεση του πληθυσμού κοντά σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής πρέπει επίσης να σταθμιστεί.
- Η Οδηγία 2018/2001/ΕΚ της ΕΕ προτρέπει τα κράτη μέλη να αυξήσουν τη χρήση καθαρών πηγών ενέργειας στο ενεργειακό τους μείγμα.
- Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στη Σουηδία βασίζεται κυρίως σε καθαρές πηγές ενέργειας, παρέχοντας μια ευκαιρία για μειώσεις των εκπομπών σε μεγαλύτερη από την καθαρά τοπική κλίμακα.

Η εγκατάσταση ενός λιμενικού δικτύου για OPS μπορεί όχι μόνο να προσφέρει τα πλεονεκτήματα της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου, της μείωσης του κόστους και των περιβαλλοντικών οφελών, αλλά, καθώς η εμφάνιση υβριδικών και ηλεκτρικών σκαφών αναμένεται να γίνεται όλο και πιο συχνή (Kumar et al., 2019), θα μπορούσε επίσης να γίνετε ένας καλός στρατηγικός οδηγός για επενδύσεις στο λιμενικό δίκτυο.

Το OPS μπορεί επίσης να προχωρήσει στο μέλλον για να περιλαμβάνει περισσότερους αυτοματισμούς, μαζί με κατανεμημένη παραγωγή ενέργειας και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας για το περιπτώσεις αιχμής.

Η διαχείριση ενέργειας τέτοιων συνδυασμένων συστημάτων θα μπορούσε να βοηθήσει στη μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας ενός πλοίου

2.2.2 Ιστορικό και Χρήση OPS

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε πλοία στο αγκυροβόλιο είναι μια πλήρως ανεπτυγμένη ιδέα που είναι γνωστή και χρησιμοποιείται από στρατιωτικά σκάφη εδώ και πολλά χρόνια, καθώς και από πλοία αρχιπελάγους, πλοία ακτοφυλακής, πιλοτικά σκάφη, ρυμουλκά, και παγοθραύστες που συνδέονται σε τροφοδοσία χαμηλής τάσης (LV) σε ορισμένα λιμάνια για μερικές δεκαετίες.

Ωστόσο, οι συνδέσεις υψηλής τάσης (HV) και τα σχετικά διεθνή πρότυπα είναι σχετικά πρόσφατα. Επιπλέον, η διάδοσή τους σε λιμάνια και μετασκευασμένα πλοία ήταν χαμηλή την τελευταία δεκαετία, συμπεριλαμβανομένης της Σουηδίας, καθώς, μέχρι σήμερα, λίγα λιμάνια και πλοία έχουν δυνατότητα OPS ή ενδιαφέρονται να συνδεθούν με λιμενικό ηλεκτρικό ρεύμα.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, το OPS χρησιμοποιείται συνήθως μόνο εμπορικά, για παράδειγμα από κρουαζιερόπλοια, όπου οι ρυθμιστικοί μηχανισμοί απαιτούν συγκεκριμένα από τις εταιρείες να χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία. Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, ο παραθαλάσσιος ηλεκτρισμός αποκτά εκθετική έλξη, κυρίως λόγω των **περιβαλλοντικών κανονισμών** και τάσεων. Ως μέρος του έργου World Ports Climate Initiative (WPCI), οι λιμενικές αρχές σχεδίασαν ότι όλες οι νέες αποβάθρες θα διαθέτουν την απαραίτητη υποδομή για την παροχή OPS.

- Σύμφωνα με πρόσφατη έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Ναυτιλιακής Ασφάλειας και του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (2021), το 8,8% των παγκόσμιων πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, το 8,9% των κρουαζιερόπλοιων και το 1,1% των επιβατηγών πλοίων roll-on roll-off (ro-pax) είναι επί του παρόντος εξοπλισμένα με HV OPS. Στην ΕΕ, το 9,6% των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, το 15,1% των κρουαζιερόπλοιων και το 10,1% των πλοίων ro-pax είναι εξοπλισμένα με HV OPS.
- Η ίδια έκθεση αναφέρει ότι τουλάχιστον 31 λιμάνια σε κράτη μέλη της ΕΕ έχουν εφαρμόσει μέχρι σήμερα HV OPS, με τουλάχιστον 36 διαθέσιμες εγκαταστάσεις σύνδεσης στην ξηρά. Όπως :
  - Φιλανδία
  - Δανία
  - Γερμανία
  - Γαλλία
  - Ισπανία
  - Ιταλία

Η Σουηδία έχει επί του παρόντος τα περισσότερα λιμάνια με HV OPS και τον υψηλότερο αριθμό εγκαταστάσεων OPS από όλες τις χώρες του ευρωπαϊκού οικονομικού χώρου, συγκεκριμένα σε :

- Στοκχόλμη
- Γκέτεμποργκ
- Karlskrona
- Trelleborg
- Ystad
- Piteå
- Helsingborg
- Visby

Οι σουηδικές λιμενικές αρχές πρέπει να διαθέτουν περιβαλλοντική άδεια από το **Länsstyrelsen** (Διοικητικό Συμβούλιο της κομητείας) προκειμένου να ασκούν τις δραστηριότητές τους. Σε αυτές τις άδειες, το Περιβαλλοντικό Δικαστήριο δηλώνει ότι η OPS είναι υποχρεωτικός παράγοντας προς εξέταση, όταν αναλαμβάνονται ενημερώσεις και επεκτάσεις λιμένων, ως μέσο μείωσης των τοπικών ατμοσφαιρικών εκπομπών από τα πλοία που βρίσκονται ελλιμενισμένα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα για τους κοντινούς κατοίκους. Αρκετές μεμονωμένες ναυτιλιακές εταιρείες και λιμάνια έχουν επενδύσει πολλά στην τεχνολογία για σύνδεση ηλεκτρικής ενέργειας στην αποβάθρα.

2.2.3 Παραδείγματα Εγκαταστάσεων OPS

Παραδείγματα σουηδικών εγκαταστάσεων OPS

- Η Stena Line και το λιμάνι του Γκέτεμποργκ έχουν χρησιμοποιήσει συνδέσεις LV για τις γερμανικές ακτοπλοϊκές γραμμές **Ro-pax Stena Germanica** και **Scandinavica** από το 1989. Από εκείνη την ημερομηνία, περισσότερα πλοία έχουν μετασκευαστεί ή κατασκευαστεί με δυνατότητα ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά και έχουν κατασκευαστεί περισσότερα σημεία σύνδεσης. Για παράδειγμα, το 2000, εφαρμόστηκε μια σύνδεση HV στην ξηρά κατόπιν αιτήματος και σε συνεργασία με την Stora Enso, καθιστώντας το λιμάνι του Γκέτεμποργκ το πρώτο λιμάνι παγκοσμίως που προσφέρει ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά σε φορτηγά πλοία.

Παραδείγματα διεθνών εγκαταστάσεων OPS

- Στο Όσλο της Νορβηγίας, οι υποδομές για πορθμεία και κρουαζιερόπλοια αναμένουν επί του παρόντος χρηματοδότηση για επενδύσεις σε ενέργεια στην ξηρά για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

- Το λιμάνι του Ρότερνταμ, στην Ολλανδία, όπου η OPS είναι υποχρεωτική για την εσωτερική ναυσιπλοΐα για πάνω από μια δεκαετία (Port of Rotterdam, 2019), βρίσκεται σε συνεχείς διαπραγματεύσεις για την τροφοδοσία στην ξηρά για δεξαμενόπλοια όπου σχεδιάζουν να συνδεθούν τα σουηδικά πλοία Donsötank. Το OPS ήταν επίσης επιτυχημένο στο Τζούνο, την Αλάσκα και την Καλιφόρνια.

- Το 2002, η πόλη του Λος Άντζελες υπέγραψε ένα μνημόνιο συμφωνίας με έξι ναυτιλιακές εταιρείες για να συνεργαστούν στην ανάπτυξη του OPS στο λιμάνι. Η χρήση του OPS έγινε υποχρεωτική για τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων στα λιμάνια της Καλιφόρνια και, κατά συνέπεια, τα τερματικά και οι πλοιοκτήτες έπρεπε να αγοράσουν αυτήν την τεχνολογία, αυξάνοντας περαιτέρω την απορρόφηση και τη χρήση.

- Στο λιμάνι του Όκλαντ (Σαν Φρανσίσκο), αναφέρθηκε αύξηση από 68% σε 75% στο μερίδιο των συνδέσεων ηλεκτρικής ενέργειας το 2018.

2.2.4 Εκπομπές από πλοία

Το ενδιαφέρον για το OPS πηγάζει από το γεγονός ότι, ενώ οι θαλάσσιες μεταφορές αναμένεται να αυξηθούν, η χρήση ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι επιβλαβής τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Πράγματι, οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν το μέσο για πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου, και θεωρείται ο πιο οικονομικός τρόπος μεταφοράς. Η ζήτηση για ναυτιλία αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 3,5% κατά την περίοδο 2019–2024, κυρίως λόγω της αύξησης των εμπορευματοκιβωτίων, των **dry bulk** και των φορτίων αερίου.

Ωστόσο, τα πλοία σήμερα λειτουργούν ως επί το πλείστον με ορυκτά καύσιμα, των οποίων οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν εκπομπές από CO2, NOx, άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως οξείδια του θείου (SOx), PM, VOCs, όζον (O3) που προέρχονται κυρίως από τις κύριες μηχανές, τις βοηθητικές μηχανές και τους λέβητες καθώς και τον θόρυβο των πλοίων στο αγκυροβόλιο που χρησιμοποιούν τις βοηθητικές τους μηχανές.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι από το βαρύ μαζούτ (HFO, 1% θείο) και το πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (MDO, 0,1% θείο) έχουν εξεταστεί ακόμη και για επιπτώσεις στο εσωτερικό περιβάλλον επί του σκάφους και αποδείχθηκε ότι οι VOCs, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), τα νανοσωματίδια, τα NO_x και, στην περίπτωση του HFO, το SO_2 θα μπορούσαν να εξαπλωθούν στον θάλαμο ελέγχου του κινητήρα καθώς και στην περιοχή διαμονής μέσω του συστήματος εξαερισμού κατά τη λειτουργία, επηρεάζοντας το εσωτερικό περιβάλλον του πλοίου για τους ναυτικούς, ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα.

Η μελέτη GHG του IMO, από το 2015, υπολόγισε ότι την περίοδο 2007–2012, κατά μέσο όρο, η ναυτιλία στο σύνολό της αντιπροσώπευε περίπου το 3,1% των ετήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO_2 (1.015 εκατομμυρίων τόνων) και περίπου το 2,8% των ετήσιων εκπομπών GHG που συνδυάζουν CO_2, μεθάνιο (CH_4) και οξείδιο του αζώτου (NO), εκφρασμένο σε ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) (περίπου 1.036 εκατομμύρια τόνοι CO2e).Υπήρχε ένα μέσο ετήσιο σύνολο 20,9 εκατομμυρίων εκπομπών NO_x (ως NO_2) από τη ναυτιλία στο σύνολό της κατά την ίδια περίοδο, που αντιπροσωπεύει περίπου το 15% των παγκόσμιων εκπομπών NO_x από ανθρωπογενή αίτια και 11,3 εκατομμύρια τόνους SO_x (ως SO_2), που αντιπροσωπεύει περίπου το 13% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών SO_x .

Μια άλλη μελέτη GHG του IMO, από το 2020, δήλωσε ότι οι γενικές εκπομπές ναυτιλίας το 2018 αντιπροσώπευε το 2,89% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών, έναντι 2,76% το 2012. **Σύμφωνα με την έκθεση ανασκόπησης της ναυτιλίας του 2020 από τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη (UNCTAD), τα πλοία συνεχίζουν να παράγουν περίπου το 3% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον κόσμο, όπως το CO2.**

Καθώς οι εκπομπές λιμένων συμβαίνουν πιο κοντά στις κοινότητες, έχουν θεωρηθεί ως μια αυξανόμενη αιτία ανησυχίας, καθιστώντας πρωτοβουλίες όπως το OPS όλο και πιο σημαντικές.

Μια μελέτη απογραφής εκπομπών για το λιμάνι του Όσλο, αποκάλυψε ότι τα πλοία ήταν οι κύριοι συντελεστές των ατμοσφαιρικών ρύπων στα λιμάνια, προκαλώντας το 63–78% των συνολικών εκπομπών NO_x, PM_10, SO_2 και CO_2 και το 70% από όλες τις εκπομπές από τη ναυτιλία σημειώθηκαν εντός 400 km ξηράς, με τον υψηλότερο όγκο να εκπέμπεται κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού των πλοίων, ακολουθούμενος από αυτόν που εκπέμπεται κατά την περίοδο των ελιγμών των πλοίων.

Τα σκάφη στο αγκυροβόλιο πρέπει συνήθως να έχουν τις βοηθητικές τους μηχανές σε λειτουργία (με ορυκτά καύσιμα) προκειμένου να παράγουν την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια για να διατηρήσουν τις βασικές λειτουργίες του σκάφους, όπως :

- Ο φωτισμός
- Ο εξαερισμός
- Η θέρμανση
- Τα συστήματα επί του σκάφους και οι επικοινωνίες

Μια μελέτη για την εκτίμηση των εκπομπών των πλοίων στο λιμάνι της Μυτιλήνης, από όλα τα πλοία κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης, κατά τους ελιγμούς τους και όταν ήταν ελλιμενισμένα, έδειξε ότι το τελευταίο ήταν υπεύθυνο για το 77% (216,2 μετρικοί τόνοι) του συνολικού CO_2 και το 63% (277 kg) των συνολικών εκπομπών PM_10.

Τρόποι για τη μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που συμβαίνουν κοντά σε κοινότητες, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη και μπορούν να περιλαμβάνουν:

- Η υιοθέτηση τεχνολογιών μείωσης των εκπομπών, όπως η ισχύς στην ξηρά που χρησιμοποιούν τα πλοία ενώ βρίσκονται σε ελλιμενισμό, για να αντικαταστήσουν τη χρήση των βοηθητικών κινητήρων, όπως ενθαρρύνεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή
- Η χρήση καθαρότερων καυσίμων, όπως το ναυτικό πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (MGO) ή/και η χρήση συστημάτων πλύσης επί του σκάφους για την απομάκρυνση των εκπομπών SO_x και PM, επιτρέποντας έτσι τη χρήση HFO.
- Αποτελεσματικός σχεδιασμός σκάφους και έλικας, βελτιστοποίηση διαδρομής και αιολική ενέργεια ως μέσο πρόωσης.
- Η δημιουργία ζωνών μειωμένης ταχύτητας στα λιμάνια.

Γενικά, η συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς απαιτεί από τους πλοιοκτήτες και τα λιμάνια να πληρώνουν για να αποκτήσουν τεχνολογία μείωσης εκπομπών ρύπων ή/και να αυξήσουν το λειτουργικό τους κόστος χρησιμοποιώντας καθαρότερο αλλά ακριβότερο καύσιμο. **Ποια επιλογή είναι πιο οικονομική για τον πλοιοκτήτη μπορεί να εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως :**

- Τον τύπο του πλοίου
- Το μέγεθος του πλοίου
- Τους κανονισμούς που επηρεάζουν τα ύδατα στα οποία πλέει το πλοίο
- Τα λιμάνια

Υπάρχουν τέσσερις κύριες δυνάμεις που οδηγούν την εφαρμογή του OPS :

1) Μεγαλύτερη πολιτική και περιβαλλοντική ώθηση, καθώς και ανησυχία για την αντιμετώπιση των αιτημάτων των δήμων για βελτίωση της ποιότητας του αέρα για τους κατοίκους.
2) Ενα επιχειρηματικό κίνητρο για απάντηση σε αιτήματα πελατών για εγκαταστάσεις OPS, προκειμένου να διατηρηθεί το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και να ακολουθηθούν οι νέες τεχνολογικές τάσεις.
3) Ένας οικονομικός παράγοντας για όσους αναμένουν ότι θα είναι σε θέση να μειώσουν το κόστος χρησιμοποιώντας το OPS αντί να ανταποκρίνονται στις σημερινές τιμές καυσίμων.
4) Η βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας για το πλήρωμα και τους χειριστές τερματικών σταθμών (στη μείωση του θορύβου, της ρύπανσης και των κραδασμών)

Στον οικονομικό τομέα, η λήψη εξωτερικής χρηματοδότησης για την κάλυψη μέρους του κόστους της υποδομής αποτελεί σημαντικό μοχλό τόσο για τα λιμάνια όσο και για τις ναυτιλιακές εταιρείες ώστε να κάνουν το βήμα εγκατάστασης της τεχνολογίας OPS. **Όσον αφορά τις ναυτιλιακές εταιρείες :**

- Η πιθανή εξοικονόμηση κόστους που επιτυγχάνεται μέσω της σύνδεσης με ηλεκτρική ενέργεια αντί της χρήσης καυσίμου
- Η μειωμένη ανάγκη για συντήρηση βοηθητικού κινητήρα

είναι άλλοι βασικοί παράγοντες που τις ωθούν προς την εγκατάσταση του OPS.

Τέλος, όσον αφορά τις κοινωνικές δυνάμεις, τα λιμάνια και οι ναυτιλιακές εταιρείες ανέφεραν ως κίνητρο την αύξησης της άνεσης των χειριστών στο λιμάνι καθώς και του πληρώματος σε σχέση με τον θόρυβο και τους κραδασμούς του κινητήρα.

Τα λιμάνια, από την άλλη πλευρά, αντιμετωπίζουν γενικά το OPS ως οικονομική επιβάρυνση, γιατί είναι δύσκολο να υπολογιστεί η οικονομική απόδοση της επένδυσης (ROI), ακόμη και με εξωτερική χρηματοδότηση για ένα μέρος του κόστους υποδομής. Σε μια τέτοια περίπτωση, η αξία της OPS γίνεται διαφορετική από την οικονομική, αλλά, λόγω αυτού του ζητήματος, τα επιχειρηματικά μοντέλα για την OPS στα λιμάνια και οι αποφάσεις σχετικά με τον **τρόπο χρέωσης των πλοίων για συνδέσεις OPS είναι ζωτικής σημασίας.**

Όσον αφορά το κόστος και τα οφέλη της παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας, αυτά εξαρτώνται επίσης από τα περιφερειακά χαρακτηριστικά όπως :

- Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας
- Το μέγεθος του λιμένα
- Οι συνθήκες του δικτύου
- Η γειτνίαση με τις αστικές περιοχές

Επιπλέον, οι συνθήκες ποικίλλουν για διαφορετικούς θαλάσσιους λιμένες και λιμάνια εσωτερικής ναυσιπλοΐας, τα οποία συνήθως επισκέπτονται διαφορετικοί τύποι πλοίων. Επιπλέον, οι λιμενικές αρχές δεν είναι αυτές που θα επωφεληθούν περισσότερο από τη μείωση των επιβλαβών εκπομπών. Για ορισμένα τμήματα πλοίων, το κόστος-όφελος από τη σύνδεση με ηλεκτρισμό στο αγκυροβόλιο μπορεί να είναι λιγότερο εμφανές από ό,τι για άλλα, ανάλογα με το πόσο προσβάσιμα είναι τα κοινά καύσιμα τους. Μεταξύ εκείνων που μπορεί να αποκομίσουν λιγότερα οφέλη, η προθυμία εγκατάστασης OPS είτε εξασθενεί είτε αντιμετωπίζεται ως περιβαλλοντική πρωτοβουλία και μακροπρόθεσμη εταιρική στρατηγική.

Τεχνικές πτυχές του OPS

Πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες τεχνικές πτυχές πριν από την εγκατάσταση και τη χρήση του OPS, τόσο από την πλευρά του λιμανιού όσο και από τη ναυτιλιακή εταιρεία.

Θα πρέπει να πραγματοποιείται κατά περίπτωση ανάλυση κόστους-οφέλους και σκοπιμότητας, λαμβάνοντας υπόψη :

- Την κατάσταση και την χωρητικότητα ισχύος του δικτύου στο λιμάνι και, εάν χρειάζονται επεκτάσεις δικτύου, και το πλοίο και την ισχύ που απαιτεί όταν είναι αγκυροβολημένο.
- Η ηλεκτρική υποδομή του λιμανιού και οι δυνατότητες του υποσταθμού ισχύος του λιμανιού έχουν τον αριθμό των κρηπιδωμάτων που πρέπει να συνδεθούν, τη νέα λιμενική υποδομή που μπορεί να χρειαστεί, είτε εάν υπάρχει χώρος στην ξηρά για τον εκσυγχρονισμό του εξοπλισμού του υποσταθμού, την αποθήκευση ενέργειας κ.λπ.
- Οι προδιαγραφές του ηλεκτρικού συστήματος του πλοίου, όπως η τάση, η συχνότητα, το σύστημα γείωσης, κ.λπ. εάν ο υπάρχων πίνακας διανομής πλοίου σε ακτή ικανοποιεί τις απαιτήσεις ισχύος στο αγκυροβόλιο, εάν υπάρχει χώρος για την εκ των υστέρων τοποθέτηση της λύσης επί του σκάφους.

Process step	Technical aspect to consider	Ports	Ship owners
Preparing for OPS installation	**Power demand and electricity availability**	• General study of power needs for the port's expected calls • Grid expansions	• Estimated power need from the ship for desired activities
	Voltage (standards)	• Consider standard voltages based on power needs and voltage of vessels; whether voltage transformer is needed	• Check voltage on shore; consider having transformer aboard
	Frequency (standards)	• Consider generic local frequency and offering converter based on the expected port calls and frequencies on board	• Check the frequency offered by the ports and whether a converter is available; consider having a converter on board
	Plugs and cables (standards)	• Consider plug standards and cable types and lengths depending on expected port calls	• Check plugs at port and whether port has cables available; consider having cables on board and check inlet type at terminal
	OPS infrastructure and connection stations/points	• No. of quays to be connected • Possible combinations, e.g., what the crane with cable on the quay should look like and where it should be placed, where the transformer station can fit on the terminal • Energy storage, etc.	• E.g., where the hatch and inlet for shore power should be on board • Whether current conversion for recharging batteries is needed
Before first connection and onwards	**Certification, inspection (with safety check)**	• Port staff goes on board to inspect OPS compatibility and maintenance • Safety check of equipment	• Ship owner to request a certification of the installation from the classification societies • Safety check equipment
Maintenance after installation and onwards	**Contractual maintenance and equipment replacement**	• Plugs to be replaced every five years, for example; check for cable damage, etc.	• Onboard system to be maintained regularly even if OPS has not been in use for a long time

2.3 Επιχειρηματικά μοντέλα για OPS

2.3.1 Χρησιμοποιώντας το «επιχειρηματικό μοντέλο» για την κατανόηση του OPS

Η έννοια του επιχειρηματικού μοντέλου έχει θεωρητικοποιηθεί, οριστεί και λειτουργήσει με ποικίλους τρόπους. Για αυτήν την έκθεση, το επιχειρηματικό μοντέλο «Canvas» (Osterwalder & Pigneur, 2010) χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση και τη δομή των εμπειρικών δεδομένων, καθώς είναι το πιο πανταχού παρόν εργαλείο διαχείρισης που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση και την ανάπτυξη επιχειρηματικών μοντέλων και έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην έρευνα μεταφορών. Το **Canvas** αποτελείται από τέσσερις περιοχές :

1) Υποδομή – περιγράφει τις βασικές δραστηριότητες, πόρους και συνεργάτες που είναι απαραίτητοι για ένα επιχειρηματικό μοντέλο.

2) Προσφορά – δείχνει ποιες προτάσεις αξίας πρέπει να προσφέρονται στους πελάτες.

3) Πελάτες – παρουσιάζει τμήματα πελατών, κανάλια μέσω των οποίων μπορεί κανείς να επικοινωνήσει με τους πελάτες και τον τύπο των σχέσεων με τους πελάτες.

4) Οικονομικά – περιγράφει τη δομή του κόστους και τις ροές εσόδων.

Το επιχειρηματικό μοντέλο είναι συγκεκριμένο για έναν οργανισμό, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να συζητήσει συγκεκριμένους ρόλους μέσα σε μια αλυσίδα αξίας. Το επιχειρηματικό μοντέλο είναι συγκεκριμένο για έναν οργανισμό, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να συζητήσει συγκεκριμένους ρόλους μέσα σε μια αλυσίδα αξίας.

Οι συνεντεύξεις που πραγματοποιήθηκαν για αυτήν τη μελέτη έδειξαν ότι οι πόροι (αναβαθμισμένες λιμενικές υποδομές ηλεκτρικής ενέργειας, μετατροπείς, σημεία σύνδεσης, καλώδια, κ.λπ.) μπορεί να ελέγχονται από διαφορετικούς παράγοντες ή αστερισμούς παραγόντων, αλλά ότι οι χερσαίοι πόροι τείνουν να ανήκουν στον λιμένα και συντηρούνται είτε από τους λιμενικούς φορείς απευθείας είτε από τρίτο μέρος των οποίων οι υπηρεσίες προμηθεύονται από τον φορέα εκμετάλλευσης του λιμένα. Στο παρακάτω κείμενο, οι επενδύσεις σε OPS συζητούνται αναλυτικά. Οι κεντρικές δραστηριότητες που σχετίζονται με το OPS είναι ο χειρισμός της σύνδεσης των καλωδίων και η συντήρηση του εξοπλισμού. Υπάρχει αλληλένδετη σχέση μεταξύ του μεγέθους των επενδύσεων και της εισροής εργασίας που απαιτείται για τη σύνδεση και τη συντήρηση. Επισημάνθηκε ότι ενώ το κεφαλαιουχικό κόστος της επένδυσης σε OPS υψηλής χωρητικότητας είναι σημαντικά υψηλότερο από αυτό των OPS χαμηλής χωρητικότητας, τα καλώδια υψηλής χωρητικότητας αντικαθιστούν αρκετά καλώδια χαμηλής χωρητικότητας, μειώνοντας την ανάγκη για χειροκίνητο χειρισμό αλλά αυξάνοντας τις απαιτήσεις για εξοπλισμό ασφαλείας και εκπαίδευση. Ομοίως, οι δαπανηρές ημι-ή πλήρως αυτοματοποιημένες εγκαταστάσεις μειώνουν την ανάγκη χειροκίνητου χειρισμού καθώς και τους λειτουργικούς κινδύνους. Επιπλέον, υπάρχει ανάγκη ανάπτυξης καλών σχέσεων με πρωτεύοντες παράγοντες, όπως εταιρείες δικτύων και ναυτιλιακών εταιρειών, καθώς και με δευτερεύοντες παράγοντες, όπως κατασκευαστές και τεχνολογικούς συμβούλους, οι οποίοι θα είναι σε θέση να συνεισφέρουν σε διαφορετικές επιλογές OPS. Οι εταιρείες δικτύου και ναυτιλίας μπορεί να βοηθήσουν στο σχεδιασμό του επιχειρηματικού μοντέλου OPS, ενώ οι δευτερεύοντες παράγοντες είναι σημαντικοί για να διασφαλιστεί ότι το κόστος διατηρείται χαμηλά όπου είναι δυνατόν.

Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι τα απομακρυσμένα λιμάνια, με τα οποία θα πρέπει να συντονίζονται οι επενδύσεις και οι επιλογές σχεδιασμού προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η χρήση του OPS από τους πελάτες, οι ιδιοκτήτες αγαθών που ενδιαφέρονται για φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις μεταφορών και οι βιομηχανικοί οργανισμοί όπως οι εταιρείες τυποποίησης, που μπορεί να βοηθήσουν στην ανάπτυξη OPS παρέχοντας συστάσεις και τυποποιημένες λύσεις.

Επομένως, ένα επιχειρηματικό μοντέλο πρέπει να λάβει υπόψη αυτούς τους παράγοντες προκειμένου να παρακινήσει τους πελάτες να χρησιμοποιήσουν το OPS και να μειώσουν το κόστος.

Η προσφορά του OPS κυριαρχείται από την περιβαλλοντική τιμή που σχετίζεται με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και τη μείωση του κόστους καυσίμων. Αυτή η τιμή, με τη σειρά της, σχετίζεται με άλλους παράγοντες, όπως η ευκολία σύνδεσης στο OPS και ο χρόνος που μπορεί να περάσει το σκάφος συνδεδεμένο. Ωστόσο, τα περιβαλλοντικά οφέλη του OPS εξαρτώνται από παράγοντες όπως το ενεργειακό μείγμα στο δίκτυο, το καύσιμο που θα χρησιμοποιείτο διαφορετικά, και η δυνατότητα χρήσης | χωρητικότητα χρήσης του OPS κατά την αγκυροβόληση. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι επιμέρους ανάγκες και ιδιότητες συγκεκριμένων πελατών, ή ομάδων πελατών, προκειμένου να διαμορφωθεί μια συγκεκριμένη προσφορά για το OPS. Η μεταβλητότητα στην αξία που αντιλαμβάνεται ο πελάτης εξαρτάται επίσης από την ικανότητα του τελευταίου να συλλαμβάνει και να κοινοποιεί αυτά τα οφέλη στους δικούς του ενδιαφερόμενους φορείς μέσω, για παράδειγμα, δεικτών για τη μείωση του GGE. Διαφορετικά, η αξία του OPS τείνει να συσσωρεύεται σε φορείς που δεν πληρώνουν ενεργά για την υπηρεσία, όπως οι ιδιοκτήτες ακινήτων και οι πολίτες που βρίσκονται κοντά στο λιμάνι. Επιπλέον, το OPS συνδέεται με ορισμένα λιγότερο προφανή πλεονεκτήματα, όπως ένα λιγότερο θορυβώδες περιβάλλον εργασίας στο αγκυροβόλιο και την ευκαιρία να παρέχεται συντήρηση του κινητήρα ενώ είναι συνδεδεμένος. Επομένως, η προσφορά υπογραμμίζει ότι δεν αρκεί για ένα επιχειρηματικό μοντέλο για την OPS να ορίζει απλώς ότι δημιουργείται αξία, αλλά πρέπει να συσκευάζει και να κοινοποιεί την αξία με τρόπους που είναι ελκυστικοί για τον πελάτη.

Τόσο στη βιβλιογραφία όσο και στις συνεντεύξεις, ήταν σαφές ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσδιορισμού και τμηματοποίησης πιθανών πελατών OPS. Προφανείς κατηγορίες είναι οι διάφοροι τύποι σκαφών και κατηγορίες παραγόντων που αλληλεπιδρούν με το λιμάνι. Ωστόσο, αυτές οι κατηγορίες μπορούν να τμηματοποιηθούν περαιτέρω βάσει των αναγκών και των απόψεων των οργανισμών μέσα σε αυτές. Για παράδειγμα, οι γραμμές κρουαζιέρας μπορεί να τμηματοποιούνται με βάση το ενδιαφέρον τους για τη βιωσιμότητα και την οικονομική τους ικανότητα να συμμετάσχουν σε μια μακροπρόθεσμη επένδυση, όπως η OPS.

Η συχνότητα άφιξης του πελάτη και η διάρκεια παραμονής του στο λιμάνι θα υποδείξει πόσο κέρδος θα μπορεί να αντλήσει ο πελάτης από το OPS στο λιμάνι και τα απομακρυσμένα συνεργαζόμενα λιμάνια. Για το λιμάνι, είναι επομένως σημαντικό να υπάρχει η ικανότητα εντοπισμού και επικοινωνίας με πελάτες που θα πραγματοποιούν συνεχείς επισκέψεις στο λιμάνι. Οι πελάτες που έχουν εγκαταστήσει το OPS είναι πιθανό να προσπαθήσουν να μεγιστοποιήσουν τη χρήση υλικού σχετικού με το OPS που είναι εγκατεστημένο στο πλοίο και έτσι να ασκήσουν πίεση σε άλλα λιμάνια να υιοθετήσουν συμβατές λύσεις. Επομένως, οι πρώιμοι χρήστες είναι σημαντικοί τόσο για την έναρξη του OPS όσο και για τη συνεχή ανάπτυξή του. Το OPS συσχετίστηκε με άλλες τιμές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τμηματοποίηση, όπως η ικανότητα επαναφόρτισης μιας μπαταρίας υποστήριξης, η βελτιωμένη ικανότητα χρήσης του χρόνου στο αγκυροβόλιο για συντήρηση και το βελτιωμένο περιβάλλον εργασίας για το πλήρωμα.

Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να προσδιορίζονται οι πελάτες που ενδιαφέρονται για τέτοιες πτυχές του OPS και να εξετάζεται εάν τέτοιες προσφορές θα επηρεάσουν τον τρόπο παρουσίασης και παραγωγής του OPS. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ορισμένα πλοία φτάνουν σπάνια και σε ακανόνιστα χρονικά διαστήματα, θα πρέπει να ακολουθείται διαφορετική προσέγγιση κατά τη στόχευση τέτοιων πελατών σε σύγκριση με εργασία με εκείνους που έχουν τακτικές αλληλεπιδράσεις με το λιμάνι. Ένα παράδειγμα τέτοιων πελατών είναι τα κρουαζιερόπλοια. Ενώ ενδιαφέρονται για το OPS, σπάνια αλληλεπιδρούν συχνά με συγκεκριμένα λιμάνια, και επομένως υπάρχει ανάγκη να τους δοθεί η δυνατότητα να έχουν εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με το OPS, όπως προσβασιμότητα, τιμολόγηση και πιθανούς τρόπους ανάκτησης φόρων. Τέτοιες επικοινωνίες περνούν από τα συνήθη κανάλια του λιμανιού, αλλά μπορεί να συνεπάγονται την ανάγκη για αλλαγή στη σχέση με τον πελάτη.

Η οικονομική πλευρά του επιχειρηματικού μοντέλου είναι ίσως η πιο απαιτητική πτυχή για την OPS. Το υψηλό επενδυτικό κόστος και οι χαμηλές επακόλουθες ταμειακές ροές σημαίνουν ότι η επιτυχία του OPS μέχρι σήμερα εξαρτάται από την αυστηρή κανονιστική υποστήριξη, τις επιδοτήσεις και τις εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους/χαμηλής δυναμικότητας. Οι συνεντεύξεις έδειξαν ότι οι δαπανηρές επενδύσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορους τρόπους. Πρώτον, δόθηκαν παραδείγματα όπου οι φορείς συνεργάστηκαν, μοιράστηκαν το κόστος ή ομαδοποιούσαν πόρους. Η προμήθεια μερικώς ή πλήρως τυποποιημένων εξαρτημάτων και εξοπλισμού είναι επίσης ένας τρόπος για μείωση του κόστους. Οι επενδύσεις έγιναν σταδιακά, ξεκινώντας από μικρές και στη συνέχεια κλιμακώνονταν, για να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι που συνδέονται με την επιλογή τεχνολογίας ή συνεργατών. Αντίθετα, ορισμένες επενδύσεις έγιναν σε κλίμακα για να μειωθεί το κόστος ανά μονάδα και άλλες επενδύσεις έγιναν ταυτόχρονα, εγκαθιστώντας OPS ενώ πραγματοποιήθηκαν άλλα είδη επενδύσεων σε πλοία ή αποβάθρες. Όσον αφορά τα έσοδα, προσδιορίστηκαν τρία βασικά μοντέλα για λιμάνια που θέλουν οι πελάτες τους να πληρώνουν για το OPS :

1) Υπάρχει η δυνατότητα να πληρώσουν όλοι μια επιπλέον χρέωση στο λιμενικό τέλος. Ως αποτέλεσμα, όσοι χρησιμοποιούν OPS επωφελούνται ελαφρώς, καθώς δεν χρειάζεται να επιβαρυνθούν με ολόκληρο το κόστος του OPS. Ωστόσο, αυτό το σύστημα δεν κοινοποιεί την οικονομική αξία του OPS σε άλλους πελάτες.

2) Είναι δυνατή η απευθείας χρέωση μόνο των χρηστών. Αυτό το σύστημα δεν επιδοτεί τον πελάτη και καθιστά την επιχειρηματική υπόθεση σε μεγάλο βαθμό εξαρτώμενη από την εξοικονόμηση καυσίμου και την προθυμία του χρήστη να πληρώσει επιπλέον για ποιοτικές αξίες.

3) Είναι δυνατόν να τιμωρούνται οι ρυπαίνοντες αυξάνοντας τα λιμενικά τέλη για όλους και δίνοντας έκπτωση σε όσους χρησιμοποιούν OPS, με αποτέλεσμα οι μη υιοθετούντες να επιδοτούν τους υιοθετούντες.

Λόγω της σημασίας της οικονομικής πτυχής, οι επενδύσεις και ο σχεδιασμός εσόδων συζητούνται λεπτομερώς παρακάτω.

2.3.2 Επένδυση σε υποδομές OPS

Λόγω τεχνικών και συγκεκριμένων παραγόντων, το συνολικό επενδυτικό κόστος μιας εγκατάστασης OPS είναι πιθανό να διαφέρει σημαντικά από τη μια τοποθεσία στην άλλη. **Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν το κόστος επένδυσης είναι :**

- παράγοντες που σχετίζονται με τα πλοία :
  - ποιοι τύποι πλοίων και πόσα πλοία θα συνδεθούν ταυτόχρονα με την ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά
- ο σχεδιασμός από το λιμάνι και οι απαραίτητες αναβαθμίσεις
- η ζήτηση ενέργειας και η χωρητικότητα
  - με την υψηλότερη ζήτηση ισχύος να οδηγεί σε ακριβότερο εξοπλισμό

Εάν η συχνότητα που χρησιμοποιείται στο πλοίο δεν ταιριάζει με τη συχνότητα στο ηλεκτρικό δίκτυο του λιμένα, το κόστος θα αυξηθεί σημαντικά. Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει να εγκατασταθεί ένας μετατροπέας συχνότητας από πλευράς του λιμένα, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, το κόστος του οποίου θα μπορούσε να φτάσει ακόμη και το 50% του συνολικού κόστους επένδυσης για το λιμάνι. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, το σκάφος είναι αυτό που εγκαθιστά έναν μετατροπέα συχνότητας επί του σκάφους.**Οι διαφορετικές πιθανές διαμορφώσεις καθιστούν δύσκολο τον υπολογισμό του κόστους για την επένδυση στο λιμάνι.**

- Το κόστος για έργα LV ενός μόνο πλοίου, μπορεί να ξεκινήσει από περίπου 2 εκατομμύρια SEK και μπορεί να επεκταθεί σε συστήματα ικανά να παρέχουν ενέργεια στην ξηρά σε 10 πλοία ταυτόχρονα με το κόστος να ξεπερνά τα 10 εκατομμύρια SEK.

Οι λύσεις mobile OPS τείνουν να εξυπηρετούν ένα ή δύο πλοία και το κόστος μπορεί να είναι περίπου 2-3 εκατομμύρια SEK, εκτός εάν το λιμάνι απαιτεί σημαντική αναβάθμιση της ηλεκτρικής υποδομής. Οι υψηλότερες απαιτήσεις ισχύος και η ανάγκη για μετατροπή συχνότητας μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις τιμές. Ο συνολικός προϋπολογισμός για ένα έργο μπορεί να φτάσει τα 50 εκατομμύρια SEK, για παράδειγμα :

- πέντε σημεία σύνδεσης για οχηματαγωγά
- να γίνουν οι απαραίτητες αναβαθμίσεις στο ηλεκτρικό σύστημα στο λιμάνι
- να γίνει η αρχική προετοιμασία για το τερματικό OPS της κρουαζιέρας στο σταθμό.

Συνήθως, το έργο ενός τερματικού σταθμού πλοίων εμπορευματοκιβωτίων είναι περίπου 20 εκατομμύρια SEK και το έργο ενός τερματικού σταθμού κρουαζιερόπλοιων περίπου 30+ εκατομμύρια SEK.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται κατά προσέγγιση το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης OPS ανά τμήμα για λιμάνια και ναυτιλιακές εταιρείες.

Ro-pax/ferry/ro-ro :

- Για λιμάνια :
  - Κάθε εγκατάσταση OPS μπορεί να κυμαίνεται από 2 εκατομμύρια έως 30 εκατομμύρια SEK, ανάλογα με τα μέρη του συστήματος, εάν πρόκειται για σταθερή ή για φορητή λύση, και τμήμα
  - 7–15 εκατομμύρια SEK (χωρίς μετατροπή συχνότητας). Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει ενίσχυση του δικτύου (10 εκατομμύρια SEK), μετασχηματιστές (περίπου 1 εκατομμύριο SEK ο καθένας) και βύσμα/πρίζα (μισό εκατομμύριο έως 1 εκατομμύριο SEK).
  - 30 εκατομμύρια SEK (με μετατροπή συχνότητας).
  - Ο συνολικός προϋπολογισμός ενός έργου μπορεί να φτάσει τα 50 εκατομμύρια SEK για, για παράδειγμα, πέντε σημεία σύνδεσης για οχηματαγωγά, τις απαραίτητες αναβαθμίσεις στο ηλεκτρικό σύστημα στο λιμάνι και την προετοιμασία για το τερματικό OPS της κρουαζιέρας στο σταθμό (χωρίς καλώδια κ.λπ.)
- Για ναυτιλιακές Εταιρείες :
  - 5–10 εκατομμύρια SEK για OPS επί του πλοίου

Cruise

- Για λιμάνια :
  - 30-100 εκατομμύρια SEK (με ή χωρίς μετατροπή συχνότητας)

Container/Bulk

- Για λιμάνια :
  - 8–20 εκατομμύρια SEK

Tanker

- Για λιμάνια :
  - 25–27 εκατομμύρια SEK
- Για ναυτιλιακές Εταιρείες :
  - 6–7 εκατομμύρια SEK για μία εγκατάσταση

Είναι δυνατό για το λιμάνι να χρησιμοποιεί αυτόνομες πηγές ενέργειας, όπως ανεμόμυλους ή ηλεκτρικές κυψέλες που φορτίζουν μπαταρίες για αποθήκευση ενέργειας ή ένα φιλικό προς το περιβάλλον εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο, τοποθετημένο τοπικά στο λιμάνι.

- Το τελευταίο θα μπορούσε επίσης να είναι ένα κινητό εργοστάσιο που μπορεί να μετακινηθεί μεταξύ διαφορετικών λιμένων.

Ωστόσο, τέτοιες επενδύσεις υποδομής είναι πιθανό να είναι δαπανηρές και πρέπει να αξιολογηθούν χωριστά για να διασφαλιστεί ότι έχουν νόημα τόσο οικονομικά όσο και σε σχέση με την ποιότητα που θέλει να προσφέρει ο ιδιοκτήτης του λιμένα μέσω της υπηρεσίας OPS.

Η χρήση μπαταριών στην ξηρά παρατηρείται, μεταξύ άλλων, στη Νορβηγία, όπου το ηλεκτρικό οχηματαγωγό Ampere χρησιμοποιεί αυτή τη λύση, καθώς το τοπικό δίκτυο στις προβλήτες δεν μπορούσε να παρέχει όλη την ισχύ/ενέργεια που απαιτείται για τη φόρτιση του σκάφους εντός του απαιτούμενου/διαθέσιμου χρονικού πλαισίου .

Τα λιμάνια και οι ναυτιλιακές εταιρείες συνήθως υποβάλλουν αιτήσεις και λαμβάνουν κεφάλαια από το "Klimatklivet" από την Naturvårdsverket (Σουηδική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος) ή/και από την ΕΕ που καλύπτουν το 20%-50% του συνολικού κόστους εγκατάστασης. Συχνά, όταν υποβάλλουν αίτηση για χρηματοδότηση, τα λιμάνια συλλέγουν επιστολές προθέσεων από ναυτιλιακές εταιρείες που εκφράζουν το ενδιαφέρον τους να συνδέσουν τα πλοία τους με την OPS σε αυτό το λιμάνι.

Το κόστος των εγκαταστάσεων ΧΤ(LV) είναι χαμηλότερο από αυτό των ΥΤ(HV), ειδικά εάν η τάση ταιριάζει με την τάση διανομής που χρησιμοποιείται από τον λιμένα, καθώς αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται ο ενσωματωμένος μετασχηματιστής. Η εγκατάσταση OPS στα νέα πλοία θα μειώσει δραστικά το κόστος του OPS για τις ναυτιλιακές εταιρείες σε σύγκριση με τον εκ των υστέρων εξοπλισμό των υφιστάμενων σκαφών.

- Για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που μετασκευάζουν το OPS, για παράδειγμα, το κόστος μπορεί να προσεγγίσει το 1 εκατομμύριο SEK

Οι τρέχουσες πολιτικές και οδηγίες που επιβάλλουν την OPS θα πρέπει να έχουν ως αποτέλεσμα πολλά λιμάνια στην Ευρώπη να υιοθετήσουν την τεχνολογία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε πτώση της τιμής του εξοπλισμού λόγω οικονομιών κλίμακας.

2.3.3 Κίνητρα σε ναυτιλιακές εταιρείες

Κίνητρα όπως μειωμένα λιμενικά τέλη, μειωμένα φορολογικά καθεστώτα για πλοία με πράσινες λύσεις και ούτω καθεξής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή κινήτρων στα πλοία να εγκαταστήσουν OPS.

- Ωστόσο, αυτό μπορεί να είναι δύσκολο να εφαρμοστεί για τα λιμάνια που πρέπει να ανακτήσουν την επένδυσή τους σε εγκαταστάσεις OPS αυξάνοντας, για παράδειγμα, τα λιμενικά τέλη.

Οι μειώσεις του φόρου ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν επίσης να γίνουν κίνητρο για την υιοθέτηση της τεχνολογίας. Οικονομικά κίνητρα μπορούν να εφαρμοστούν από λιμενικές αρχές, καθώς και από κρατικούς ή διακυβερνητικούς φορείς. Ένα τυπικό οικονομικό κίνητρο προς τα πλοία για τη μείωση των εκπομπών, είναι οι περιβαλλοντικά διαφοροποιημένες εκπτώσεις στα λιμενικά τέλη που παρέχονται από τις λιμενικές αρχές σε πλοία με καλές περιβαλλοντικές επιδόσεις,σύμφωνα με τον Περιβαλλοντικό Δείκτη Πλοίων (ESI).

Οι ευρωπαϊκές λιμενικές αρχές είναι ιδιαίτερα ενεργές στη διαχείριση τέτοιων κινήτρων καθώς και σε επενδύσεις υποδομής και διοικητικές πολιτικές για την επιβολή ορίων εκπομπών στη ναυτιλία, όπως εξηγείται από το αυστηρό ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο και τις ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

Παράδειγμα κινήτρων που προσφέρει το λιμάνι :

Τα λιμάνια της Στοκχόλμης προσφέρουν ένα οικονομικό κίνητρο σε πλοία που συμφωνούν να μετασκευάσουν εξοπλισμό OPS επί του σκάφους και να καταπλέουν στα λιμάνια της Στοκχόλμης τακτικά και για τουλάχιστον τρία χρόνια.

- κυρίως τα οχηματαγωγά ro-pax, παρά τα κρουαζιερόπλοια ή άλλα πλοία που επισκέπτονται το λιμάνι ακανόνιστα.

Αυτό το κίνητρο, το οποίο είναι πρωτοβουλία του λιμανιού, αξίζει 1 εκατομμύριο SEK ανά σκάφος , το οποίο βαρύνει το ίδιο το λιμάνι. Εκτός από αυτό το κίνητρο, υπάρχει έκπτωση στα λιμενικά τέλη (που καλύπτονται επίσης από το λιμάνι) που συνδέονται με το CSI και το ESI. Το επιχειρηματικό μοντέλο που αφορά τις εκπτώσεις και τα αυξημένα λιμενικά τέλη για το OPS δεν έχει ακόμη καθιερωθεί.

Το λιμάνι του Λος Άντζελες προσφέρθηκε να υποστηρίξει τις ναυτιλιακές εταιρείες να καλύψουν το επενδυτικό κόστος του εξοπλισμού OPS μέσω επιδότησης 800.000 $ για το πρώτο σκάφος κάθε εταιρείας που εγκαθιστά το OPS. Ως αποτέλεσμα, τη στιγμή της μελέτης τους, περισσότερα από 50 νέα σκάφη είχαν τοποθετήσει τον εξοπλισμό.

2.3.4 Πώς πληρώνουν τα πλοία για συνδέσεις OPS

Υπήρξε αβεβαιότητα σχετικά με τον τρόπο χρέωσης για τη χρήση του OPS και η πολυπλοκότητα που περιβάλλει την τιμολόγηση θεωρήθηκε ως πρόκληση από πολλούς από τους εκπροσώπους των λιμένων στη μελέτη. Η νομοθεσία στη Σουηδία δεν επιτρέπει στα λιμάνια να χρεώνουν ένα πρόσθετο ποσό επιπλέον της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας που αποφασίζεται από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, τα λιμάνια πρέπει να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στα πλοία με την ίδια τιμή που πληρώνουν οι ίδιοι στον πάροχο τους.

Σε τερματικούς σταθμούς που διαχειρίζονται ναυτιλιακές εταιρείες που έχουν σύμβαση με τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας, η πληρωμή για το ηλεκτρικό ρεύμα δεν διέρχεται συνήθως από το λιμάνι. Η μείωση του φόρου στην ηλεκτρική ενέργεια που ισχύει αυτή τη στιγμή ενεργοποιείται με εξαίρεση από τη νομοθεσία της ΕΕ, η οποία έχει παραταθεί πολλές φορές και θα ισχύει έως το 2023, η οποία διοικείται απευθείας από τη φορολογική αρχή στα πλοία.

Ακόμη και όταν ένας λιμένας λαμβάνει εξωτερική χρηματοδότηση για να καλύψει ένα ποσοστό του κόστους εγκατάστασης του OPS, εξακολουθεί να πρέπει να καλύψει το υπόλοιπο μέρος του κόστους με λιμενικά κεφάλαια. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό το κόστος περιλαμβάνει την επέκταση του τοπικού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και τις σχετικές εργασίες κατασκευής λιμένα. Επιπλέον, η συντήρηση και οι πιθανές υπηρεσίες, όπως το προσωπικό στην ξηρά που απαιτείται για τις συνδέσεις πλοίων, θα αυξήσουν το λειτουργικό κόστος.

Ως εκ τούτου, πολλά στρατηγικά ερωτήματα επηρεάζουν τη βιωσιμότητα του OPS και πρέπει να απαντηθούν ανάλογα με τη μοναδική/ξεχωριστή κατάσταση κάθε λιμένα.
Παραδείγματα τέτοιων ερωτημάτων είναι τα εξής :

- Ποια επιχειρηματικά μοντέλα είναι πιθανά και πώς θα επηρεάσουν την τιμολόγηση του OPS;
- Πρέπει η τιμολόγηση να διαφοροποιείται μεταξύ των διαφορετικών τύπων πλοίων και ποια χαρακτηριστικά θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τη δημιουργία τμημάτων πελατών;
- Πώς θα πρέπει να ενθαρρυνθεί η χρήση του OPS μέσω της τιμολόγησης;
  - Για παράδειγμα, πρέπει να πληρώνουν μόνο τα πλοία χωρίς OPS ή και τα πλοία με OPS;
- Πώς θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη η τιμολόγηση του OPS περιβαλλοντικές πτυχές, όπως οι περιβαλλοντικές αξιολογήσεις, και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό του λιμενικού τέλους;
- Πώς πρέπει να σχεδιάζονται τα λειτουργικά κόστη, όπως τα τέλη υπηρεσιών OPS, ώστε να εξισορροπούν το λειτουργικό κόστος, να ενθαρρύνουν τη σωστή χρήση και να προσελκύουν χρήστες;

Ορισμένα λιμάνια, όπως τα λιμάνια της Στοκχόλμης, εξετάζουν το ενδεχόμενο να χρεώσουν τέλος εξυπηρέτησης στα πλοία ή να αυξήσουν τα τακτικά λιμενικά τέλη για να καλύψουν την επένδυση στο OPS. Άλλες εναλλακτικές που αναφέρθηκαν για την κάλυψη των λειτουργικών δαπανών του OPS περιελάμβαναν τη χρέωση για έξοδα συντήρησης και λειτουργίας σε όσους συνδέονται, τη χρέωση όσων δεν το κάνουν και την αύξηση των λιμενικών τελών για όλους εξίσου.

- Η Ports δήλωσε ότι μια απόδοση επένδυσης (ROI) θα χρειαζόταν αμέτρητα χρόνια και δεν ήταν το κύριο κίνητρο για την αύξηση των λιμενικών τελών.

Το OPS δεν πιστευόταν ότι ήταν κερδοφόρο με την παραδοσιακή έννοια, ωστόσο θα βελτίωνε τις περιβαλλοντικές επιδόσεις και τη φήμη του λιμανιού.

Παράδειγμα μοντέλου πληρωμής στα λιμάνια της Στοκχόλμης

Η Ports of Stockholm δήλωσε ότι ο Δήμος της Στοκχόλμης θέλει τα λιμάνια της Στοκχόλμης να συνεχίσουν να εργάζονται για την επέκταση του OPS και να χρησιμοποιούν διαφορετικά περιβαλλοντικά λιμενικά τέλη (δηλαδή κίνητρα και εκπτώσεις για την πράσινη ναυτιλία). Ωστόσο, είναι το λιμάνι που αποφασίζει πώς θα το εφαρμόσει.

Σήμερα, τα λιμάνια της Στοκχόλμης χρεώνουν τακτικά δρομολόγια οχηματαγωγών ro-pax για τη χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική ενέργεια και το ετήσιο κόστος του δικτύου, καθώς και ετήσια χρέωση συντήρησης και εξυπηρέτησης OPS.

Το επιχειρηματικό μοντέλο για άλλα τμήματα πλοίων, όπως τα κρουαζιερόπλοια, δεν έχει αποφασιστεί, αλλά εξετάζεται η χρέωση επιπλέον λιμενικών τελών σε όλα τα κρουαζιερόπλοια, με έμφαση σε εκείνα που δεν συνδέονται με το OPS.

Ένα μοντέλο πληρωμής περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο ο πελάτης πληρώνει για μια δεδομένη υπηρεσία, για παράδειγμα :

- μέσω μιας προστιθέμενης χρέωσης OPS επιπλέον των συνηθισμένων λιμενικών τελών.

Συνήθως, η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται στο πλοίο από το λιμάνι θα χρεώνεται με το ακριβές κόστος όπως ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας. Σε μία μόνο περίπτωση, ένα λιμάνι πρόσθεσε μια επιπλέον χρέωση απευθείας πάνω από την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Το λιμάνι του Kristiansand, Νορβηγία, είχε αξιολογήσει διεξοδικά τη βάση των πελατών του και αποφάσισε ότι ήταν ένα μοντέλο που θα ήταν όχι μόνο εφικτό αλλά και κερδοφόρο.

- Ο πελάτης πληρώνει μια σταθερή τιμή ανά kWh για την ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται.
- Ο πελάτης πληρώνει για τη σύνδεση και την αποσύνδεση στην παροχή ρεύματος στην ξηρά.
- Η τιμή καταναλωτή ανά kWh αξιολογείται ετησίως έναντι του πραγματικού κόστους.

Άλλα λιμάνια φοβήθηκαν ότι ένα τέτοιο μοντέλο θα αποτρέψει τη χρήση. Το λιμάνι του Kristiansand είχε μια θετική εμπειρία στην προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά και δηλώνει ότι το επιχειρηματικό τους μοντέλο έχει αποδειχθεί μέχρι στιγμής κερδοφόρο. **Κριτήρια επιτυχίας για το λιμάνι ήταν ο όγκος και η διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα.**

Η επιλογή του μοντέλου πληρωμής του λιμένα και η στρατηγική τιμολόγησης επηρεάζονται από τον τύπο των πλοίων που διαμένουν στο λιμάνι και τη διαθεσιμότητα επιλογών πληρωμής, όπως τέλη ή εκπτώσεις. Η πιο κοινή λύση μεταξύ των σουηδικών λιμένων που συμμετείχαν στη συνέντευξη ήταν η χρέωση ξεχωριστού τέλους για το OPS που είχε σχεδιαστεί για να καλύψει πλήρως ή εν μέρει το κόστος σύνδεσης με αυτό. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτό το τέλος δεν προοριζόταν να καλύψει το κόστος του OPS αλλά, μάλλον, τη δραστηριότητα σύνδεσης σε αυτό και τα συναφή έξοδα, όπως η φθορά.

Μια άλλη εναλλακτική ήταν να ληφθούν τα υπάρχοντα λιμενικά τέλη και είτε να αυξηθούν είτε να μειωθούν προκειμένου να καλυφθούν τα έξοδα OPS του λιμανιού ή να ενθαρρυνθούν τα πλοία να το χρησιμοποιήσουν.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα στοιχεία του μοντέλου πληρωμής που υιοθετήθηκαν ή εξετάζονται μεταξύ των ερωτηθέντων σουηδικών και νορβηγικών λιμένων στη μελέτη. Κάθε λιμένας μπορεί να δημιουργήσει τα μοντέλα πληρωμής του σε πολλά από τα στοιχεία.

Στοιχεία μοντέλου πληρωμής	**Αριθμός λιμένων**
Τιμές ηλεκτρικής ενέργειας	5
Χρέωση ρεύματος με προσαύξηση	2
Τέλη OPS	7
Αυξημένο λιμενικό τέλος	3
Έκπτωση λιμενικών τελών	3
Τέλος ποινής για μη χρήστες	2
Χρέωση σύνδεσης ανάλογα με τον φόρτο εργασίας	1
Διαχειρίζεται από τον χειριστή του σκάφους	1
Διαφοροποιημένες λύσεις σε σκάφη	1

Μια άλλη εναλλακτική για το λιμάνι, στο πλαίσιο του «κλιματικού έργου» του και προκειμένου να προωθήσει τις συνδέσεις με την ξηρά, θα ήταν να επιβαρύνει μέρος της διαφοράς του κόστους σύνδεσης των πλοίων με το OPS, σε περίπτωση που οι συνδέσεις OPS γίνουν συγκριτικά ακριβότερες από την χρήση των βοηθητικών μηχανών, όπως συζητήθηκε με το λιμάνι του Γκέτεμποργκ. Ωστόσο, από μακροπρόθεσμη προοπτική και δεδομένης της ανάγκης για συνεχή επέκταση του OPS, τα περισσότερα λιμάνια απαιτούν επαναλαμβανόμενη υποστήριξη από εξωτερικές πηγές χρηματοδότησης για κάθε επόμενη εγκατάσταση ή παρόμοια υποστήριξη από άλλους παράγοντες, όπως οι πελάτες τους, για την κάλυψη μερών της επένδυσης και το κόστος συντήρησης.

Από την πλευρά της Stena Line, απαιτείται μια περίοδος τριών έως πέντε ετών για την απόδοση επένδυσης (ROI) κατά την υιοθέτηση του OPS. Για τα δεξαμενόπλοια, η σύνδεση με το OPS είναι απίθανο να παρουσιάσει μείωση κόστους σε σύγκριση με τη χρήση ορυκτών καυσίμων σε αυτό το σημείο.

- Συνεπώς, τα πολύ αυξημένα λιμενικά τέλη για τη σύνδεση ενδέχεται να αποτελούν εμπόδιο για την απορρόφηση σε αυτόν τον τομέα.

Ωστόσο, εάν οι κάτοχοι αγαθών βοηθήσουν στην κάλυψη αυτού του κόστους, η σύνδεση στο OPS μπορεί να γίνει και πάλι πιο οικονομικά βιώσιμη.

Λόγω της δυσκολίας εύρεσης κερδοφόρων επιχειρηματικών μοντέλων, οι ερωτηθέντες, σε ορισμένες περιπτώσεις, έχουν χαλαρώσει ή εξαλείψει πλήρως τις οικονομικές απαιτήσεις όσον αφορά την απόσβεση ή την απόδοση επένδυσης (ROI). Επομένως, το OPS θεωρείται στρατηγική επένδυση και η εστίαση είναι στις αξίες που δημιουργεί για τους ενδιαφερόμενους, όπως :

- Οι μειωμένες εκπομπές
- Ο θόρυβος

Σε αυτές τις περιπτώσεις, η πιθανότητα να προχωρήσουμε με το OPS θα αυξηθεί εάν το επενδυτικό κόστος μπορεί να μειωθεί μέσω επιδοτήσεων και εάν βασικοί παράγοντες, όπως σημαντικοί πελάτες, αποφασίσουν ότι χρειάζονται το OPS για την επίτευξη στόχων που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα. Επομένως, είναι περισσότερο ζήτημα κατανομής του κόστους μεταξύ των παραγόντων που τελικά επωφελούνται από τη χρήση του OPS παρά ζήτημα σχεδιασμού επιχειρηματικού μοντέλου. Για παράδειγμα οι αρχές που ρυθμίζουν την τιμολόγηση των τελών ναυσιπλοΐας, μπορεί να βοηθήσουν τα λιμάνια στο μέλλον στη διαμόρφωση του τρόπου με τον οποίον αυτά μπορούν να χρεώνουν τα πλοία για OPS και, στο μέτρο του δυνατού, να τυποποιούν το σύστημα σε ολόκληρη τη χώρα, ανάλογα με τον εξοπλισμό και τη συντήρηση.

Στις λίγες περιπτώσεις όπου το OPS αποδείχθηκε επικερδής επένδυση, πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις που μπορούν, μεμονωμένα, να αντιγραφούν και να εφαρμοστούν αλλού, αλλά, στο σύνολό τους, φαίνεται ότι είναι δύσκολο να αναπαραχθούν. Οι συστάσεις που σχετίζονται με το επιχειρηματικό μοντέλο, που συνδέονται αυτά τα παραδείγματα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής :

- Κατανόηση της πελατειακής βάσης, ποια πλοία προσεγγίζουν στο λιμάνι και, κατά συνέπεια, ποια σενάρια χρήσης είναι πιθανό να προκύψουν όσον αφορά τη χρήση ενέργειας
- Προσδιορισμός των διαφορετικών τύπων αξίας που θα δημιουργήσει το OPS για τον οργανισμό και τα βασικά ενδιαφερόμενα μέρη, καθώς και τους καλύτερους τρόπους επικοινωνίας τέτοιων αξιών.
- Διερεύνηση πού και πώς οι επενδύσεις στο OPS μπορούν να γίνουν όσο το δυνατόν πιο ελκυστικές από οικονομική άποψη όσον αφορά τόσο τα χαρακτηριστικά του λιμανιού όσο και του πλοίου καθώς και τα μελλοντικά τους σενάρια ανάπτυξης
- Προσδιορισμός πιθανής οικονομικής στήριξης από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς μέσω της ευρείας αναζήτησης πηγών χρηματοδότησης
- Αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο οι λύσεις/επιλογές υλικού επηρεάζουν τις κεφαλαιουχικές δαπάνες έναντι των λειτουργικών δαπανών και τον εντοπισμό μιας λύσης που λειτουργεί καλύτερα με την οικονομική κατάσταση του οργανισμού στο σημείο λήψης αποφάσεων.
- Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο αντιδρούν βασικοί πελάτες σε διαφορετικά μοντέλα πληρωμών και πιθανές διαδρομές αποζημίωσης, ενώ ταυτόχρονα αξιολογείται πώς αυτές οι ρυθμίσεις θα φτάσουν στο τελικό αποτέλεσμα.

2.4 Τρέχουσες και μελλοντικές προκλήσεις κατά την εγκατάσταση του OPS

Στις προηγούμενες ενότητες αναφέρθηκαν ορισμένες επιλογές και προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ναυτιλιακές εταιρείες και τα λιμάνια κατά τη διαδικασία εγκατάστασης του OPS. Σε αυτό το κεφάλαιο, πρώτον, συνοψίζονται οι τρέχουσες προκλήσεις και δεύτερον, συζητείται μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στην αναβάθμιση του OPS μελλοντικά, η πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια.

2.4.1 Τρέχουσες προκλήσεις

Οι γνωστές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ναυτιλιακές εταιρείες και τα λιμάνια κατά την εγκατάσταση του OPS σχετίζονται με τέσσερις τομείς :

- Οικονομικό
- Επιχειρηματικό
- Τεχνικό
- Λειτουργικό

όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα.

Οι **οικονομικές προκλήσεις** είναι προφανείς και για τις δύο ομάδες παραγόντων, καθώς το κόστος επένδυσης κατά την εγκατάσταση του OPS είναι υψηλό, αν και ποικίλλει ανάλογα με τις τεχνικές επιλογές (π.χ. τάση, συχνότητα, διάταξη καλωδίων και εξοπλισμός). Η μετασκευή ενός υπάρχοντος σκάφους μπορεί επίσης να είναι πιο δαπανηρή από το πρόσθετο κόστος για μια νέα κατασκευή, το οποίο έχει αναφερθεί σε προηγούμενη μελέτη ως εμπόδιο για τους ιδιοκτήτες πλοίων. Για τα λιμάνια, υπάρχουν αβεβαιότητες σχετικά με τον τρόπο διασφάλισης της απόδοσης επένδυσης (ROI), με βάση την έλλειψη επιχειρηματικού μοντέλου ή αβεβαιότητες σχετικά με το πόσα πλοία είναι πιθανό να συνδεθούν στο σύστημα OPS. Για τις ναυτιλιακές εταιρείες, υπάρχουν αβεβαιότητες σχετικά με την πιθανή εξοικονόμηση λειτουργικών δαπανών όταν βρίσκονται σε ελλιμενισμό, καθώς αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μπορεί να ποικίλλει.

Όσον αφορά τις προκλήσεις του **επιχειρηματικού τομέα**, υπάρχει απροθυμία εκ μέρους των λιμένων να εγκαταστήσουν το OPS εάν τα καλούντα πλοία δεν είναι διατεθειμένα να συνδεθούν σε αυτό. Το απρόβλεπτο στον αριθμό των πλοίων που αναμένεται να καταπλέουν στο λιμάνι, σε συνδυασμό με την έλλειψη καθορισμένου επιχειρηματικού μοντέλου για την υποδομή και τις λειτουργίες OPS ενός λιμανιού, καθιστά αβέβαιη την όλη επιχειρηματική υπόθεση. Σε παρόμοιο σκεπτικό, υπάρχει μια απροθυμία εκ μέρους των ναυτιλιακών εταιρειών να προετοιμάσουν πλοία για χρήση OPS εάν δεν προσφέρεται OPS στα λιμάνια στα οποία σχεδιάζεται να προσεγγίσουν τα πλοία. Αυτή η πρόκληση είναι ιδιαίτερα προφανής εάν τα πλοία σχεδιάζονται για εμπόριο με ελεύθερα φορτηγά πλοία (δηλαδή να πλέουν χωρίς σταθερή διαδρομή). Η μη αντιστοίχιση μεταξύ των δρομολογίων της ναυτιλιακής εταιρείας και της εξέλιξης των λιμανιών ως προς την προσφορά OPS καθιστά αβέβαιη την επιχειρησιακή υπόθεση για τις ναυτιλιακές εταιρείες. Η έλλειψη κατάλληλων επιχειρηματικών μοντέλων για το OPS έχει συνδεθεί, σε προηγούμενη έρευνα, με τα λιμάνια που δεν επωφελούνται από το OPS ή με τη μη ευρύτερη εφαρμογή του. Αναφέρονται προβλήματα χαμηλής κερδοφορίας για όσους επενδύουν στην ακτοπλοϊκή ενέργεια, είτε ναυτιλιακές είτε λιμάνια, καθώς δεν είναι πάντα εμφανές πώς μπορεί να κατανεμηθεί το επενδυτικό κόστος μεταξύ διαφορετικών μερών και πώς μπορεί να επιτευχθεί η κερδοφορία. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για λιμάνια που προβλέπουν χαμηλό ποσοστό χρησιμοποίησης ή για πλοία που δεν αναμένουν ότι θα μπορούν να συνδεθούν σε όλα τα λιμάνια στα οποία επισκέπτονται. Η συνεργασία μεταξύ σημαντικών ενδιαφερόμενων μερών (π.χ. πλοιοκτήτες, διαχειριστές τερματικών σταθμών, διαχειριστές λιμένων, υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής) έχει αναφερθεί ως ένας τρόπος αντιμετώπισης των προβλημάτων που υπάρχουν και προώθησης της OPS. Σε αυτό το πλαίσιο, η πολιτική και η ρύθμιση θεωρούνται σημαντικές από την άποψη των επενδύσεων στο λιμάνι, της μετασκευής και του σχεδιασμού των πλοίων και του λειτουργικού κόστους, όπως το συγκριτικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι **τεχνικές προκλήσεις** σχετίζονται με τις πολλές επιλογές που είναι διαθέσιμες τόσο για τα λιμάνια όσο και για τις ναυτιλιακές εταιρείες όταν επιλέγουν ποια τεχνολογία OPS θα εγκαταστήσουν. Εν ολίγοις, υπάρχει περιορισμένη καθοδήγηση από τα πρότυπα, για παράδειγμα σχετικά με το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση της εγκατάστασης σύνδεσης, τη θέση εγκατάστασης σύνδεσης στην ακτή και τη θέση του εξοπλισμού επί του σκάφους. Το να αποφασιστεί ποια τεχνική θα χρησιμοποιήσετε μπορεί να είναι πολύ δύσκολο. Μια σημαντική πτυχή είναι η ευθυγράμμιση των τεχνικών επιλογών μεταξύ λιμένων και πλοίων. Εάν δύο λιμάνια επιλέξουν διαφορετικές τεχνολογίες, μπορεί να μην είναι δυνατό για ένα σκάφος που προσεγγίζει και τα δύο λιμάνια να συνδεθεί και στα δύο. Από την πλευρά του λιμανιού, επιπλέον, είναι δύσκολο να βρεθεί μια καθολική λύση που να ταιριάζει σε όλα τα πλοία που καταπλέουν στο λιμάνι.

Τέλος, οι **επιχειρησιακές/λειτουργικές προκλήσεις** σχετίζονται με την πρόσβαση

στην ισχύ και τον κίνδυνο έλλειψης ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, εάν τα πλοία παραμείνουν πολύ σύντομο χρονικό διάστημα στο αγκυροβόλιο, η επίτευξη οικονομικών οφελών από τη σύνδεση μπορεί να είναι πρόκληση από την πλευρά της ναυτιλιακής εταιρείας, καθώς λιγότερο από δύο ώρες θεωρείται συνήθως πολύ μικρή περίοδος για να δικαιολογηθεί η διαδικασία σύνδεσης και αποσύνδεσης.

Προκλήσεις	**Λιμάνια**	**Ναυτιλιακές εταιρείες**
Οικονομικά	Υψηλό κόστος εγκατάστασης	Υψηλό κόστος εγκατάστασης, ειδικά μετασκευή σε υπάρχοντα πλοία
	Σχεδιασμός απόδοσης επένδυσης (ROI)	Λειτουργικό κόστος OPS – αβεβαιότητα σχετικά με τις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας έναντι των τιμών των καυσίμων
Επιχειρηματικά	Απροθυμία εάν τα καλούντα σκάφη δεν είναι έτοιμα να συνδεθούν	Απροθυμία αν δεν προσφέρεται στα λιμάνια
	Ακανόνιστες/απρόβλεπτες εντολές λιμένων/σχέσεις μεταξύ λιμένων και ναυτιλιακών εταιρειών	Ακανόνιστες/απρόβλεπτες λιμενικές εντολές/σχέσεις μεταξύ ναυτιλιακών εταιρειών και λιμανιών
	Δεν υπάρχει καθορισμένο επιχειρηματικό μοντέλο για το OPS	
Τεχνικά	Περιορισμένη καθοδήγηση από τα πρότυπα	Περιορισμένη καθοδήγηση από τα πρότυπα
	Αποφασισμός της τεχνικής (συμπεριλαμβανομένου χώρου στην ξηρά, ποσότητας ισχύος που απαιτείται, τάσης, συχνότητας, καλωδίων, βυσμάτων, σταθερής ή κινητής, τοποθεσίας στην ξηρά, αριθμού σκαφών που θα συνδεθούν ταυτόχρονα). Ασυμβατότητα με άλλες θύρες	Αποφασισμός της τεχνικής (συμπ. ποσότητας ισχύος που απαιτείται, τάση, συχνότητα, καλώδια, βύσματα, θέση επί του σκάφους). Μη συμβατός εξοπλισμός σε θύρες
	Ανελαστικότητα υποδομής για άλλα σκάφη	
Λειτουργικά	Έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας	Σύντομο χρονικό διάστημα στο αγκυροβόλιο

2.5 Συστάσεις για λιμάνια και ναυτιλιακές εταιρείες

Οι πτυχές που πρέπει να λάβουν υπόψη οι επαγγελματίες κατά την εγκατάσταση του OPS έχουν εντοπιστεί σε αυτή τη μελέτη. Οι κύριες πτυχές συγκεντρώνονται και επισημαίνονται στις παρακάτω ενότητες ως συστάσεις προς τα λιμάνια και τις ναυτιλιακές εταιρείες. Κάθε ενότητα περιέχει συστάσεις που συνδέονται με τους τέσσερις βασικούς τομείς για το OPS :

- Οικονομικό

- Επιχειρηματικό
- Τεχνικό
- Λειτουργικό

Στη συνέχεια, μια ενότητα αυτού του κεφαλαίου είναι αφιερωμένη στην εξέταση της σημασίας της συνεργασίας μεταξύ των παραγόντων κατά την εγκατάσταση του OPS, μια άλλη ενότητα στην καθοδήγηση του OPS που παρέχεται από εξωτερικές πηγές που ασχολείται με βασικά ζητήματα, και τέλος, ένα τμήμα που συζητά τις επιπτώσεις της πολιτικής και των ρυθμίσεων στην υιοθέτηση OPS.

2.5.1 Τέσσερις σημαντικές πτυχές για τα λιμάνια

Οι βασικές πτυχές που πρέπει να λάβουν υπόψη οι θύρες κατά την αντιμετώπιση των προκλήσεων, που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, παρουσιάζονται παρακάτω. Σημειώστε ότι αυτές οι πτυχές δεν παρουσιάζονται με κάποια συγκεκριμένη σειρά προτεραιότητας και η κατάσταση σε κάθε λιμάνι θα καθορίσει το επίπεδο εφαρμογής.

Από **οικονομικής άποψης**, η εξωτερική χρηματοδότηση για την υποστήριξη της εγκατάστασης είναι ένας σημαντικός παράγοντας για να ξεπεραστούν τα υψηλά επενδυτικά κόστη.

- Ένα παράδειγμα μεταξύ των λιμένων που συμμετείχαν στη συνέντευξη είναι το Γκέτεμποργκ, όπου η χρηματοδότηση από το «Klimatklivet» κατέστησε δυνατό τον προγραμματισμό της υπηρεσίας OPS για δεξαμενόπλοια, η οποία θα προσφέρεται από το 2023.

Ένα άλλο σημείο που πρέπει να εξεταστεί είναι πώς μπορεί να επιτευχθεί ο επιμερισμός του κόστους μεταξύ λιμένων και ναυτιλιακών εταιρειών, για παράδειγμα όσον αφορά την αγορά καλωδίων και τη συντήρηση του εξοπλισμού. Γενικά, ένα σχέδιο για τον τρόπο ανάκαμψης από την επένδυση, καθώς και το λειτουργικό κόστος, όπως η συντήρηση και το προσωπικό, θα είναι χρήσιμο και θα αποτελέσει το πρώτο βήμα προς ένα επιχειρηματικό μοντέλο.

Όσον αφορά **θέματα που σχετίζονται με τις επιχειρήσεις**, τα λιμάνια μπορούν να προσπαθήσουν να εξασφαλίσουν συμφωνίες σχετικά με τα πλοία που σχεδιάζουν να συνδεθούν. Από τα λιμάνια που ερωτήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι οι ναυτιλιακές εταιρείες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της ζήτησης στα λιμάνια. Σε αυτόν τον διάλογο, οι τεχνικές λύσεις πρέπει να συντονιστούν όχι μόνο με τη ναυτιλιακή εταιρεία αλλά και με άλλα λιμάνια. Είναι σημαντικό να οριστεί το επιχειρηματικό μοντέλο, συμπεριλαμβανομένου ενός μοντέλου πληρωμής για την κάλυψη των επενδυτικών και λειτουργικών δαπανών.

Σημαντικές πτυχές για τα λιμάνια που εφαρμόζουν το OPS	
Οικονομική	**Επιχειρηματική**
Εξασφαλίστε εξωτερική χρηματοδότηση για την υποστήριξη της εγκατάστασης	Ασφαλείς συμφωνίες σχετικά με τα πλοία που πρέπει να συνδεθούν
Εξετάστε το ενδεχόμενο επιμερισμού του κόστους με ναυτιλιακές εταιρείες (π.χ. καλώδια, συντήρηση)	Συντονισμός τεχνικών λύσεων με πλοία και άλλα λιμάνια
Σχέδιο για τον τρόπο ανάκτησης των επενδύσεων	Καθορίστε το επιχειρηματικό μοντέλο συμπεριλαμβανομένου του μοντέλου πληρωμής για την κάλυψη των επενδυτικών και λειτουργικών δαπανών. Διατίθεται καθοδήγηση από ρυθμιστικούς φορείς
Σχεδιάστε πώς να καλύψετε τα λειτουργικά έξοδα (συντήρηση, προσωπικό)	
Τεχνική	**Επιχειρησιακή**
Πλάνο ζήτησης ενέργειας και ασφαλούς διαθεσιμότητας	Εξασφαλίστε επαρκή χωρητικότητα ισχύος
Συντονισμός τεχνικών λύσεων με πλοία και άλλα λιμάνια (για αυξημένη συμβατότητα και χρήση)	Λάβετε τις απαραίτητες πιστοποιήσεις
Λάβετε οδηγίες από πρότυπα, ειδικούς και αρχές	Ρύθμιση εκπαίδευσης για συνδέσεις HV
Προσδιορίστε τις ανάγκες τάσης και μετασχηματιστή	Ελέγξτε τη συμβατότητα και τη συντήρηση επί του σκάφους
Απαιτήσεις συχνότητας και ανάγκη για μετατροπέα	Πραγματοποιήστε έλεγχο ασφαλείας του εξοπλισμού
Εξετάστε τα βύσματα και τα καλώδια	Σχεδιάστε και πραγματοποιήστε συνεχή συντήρηση
Υποδομές και σημεία σύνδεσης συμπεριλαμβανομένων προκυμαιών, θέσεων γερανών, μετασχηματιστή	Ελέγξτε τις συνθήκες (άνεμος) και πραγματοποιήστε συνδέσεις
Εξετάστε την αποθήκευση ενέργειας	

Θα πρέπει να δοθεί προσοχή σε **τεχνικά θέματα** από την έναρξη της διαδικασίας προετοιμασίας για εγκατάσταση OPS. Το λιμάνι έχει πολλές πιθανές επιλογές και η επιλογή δεν είναι μονόδρομος. Πρώτον, η ζήτηση ενέργειας πρέπει να χαρτογραφηθεί για να διασφαλιστεί η διαθεσιμότητα ενέργειας. Λόγω της σημαντικής μεταβλητότητας στη ζήτηση για ενέργεια, είναι απαραίτητο να επιβεβαιωθεί εάν το εκτιμώμενο προφίλ ζήτησης μπορεί να τροφοδοτηθεί στο λιμάνι. Η κλίμακα και το κόστος των διαφορετικών σεναρίων θα πρέπει να αξιολογούνται από κοινού με τον τοπικό φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου, τόσο όσον αφορά την τρέχουσα κατάσταση όσο και τις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις. Η χαρτογράφηση της ζήτησης ενέργειας απαιτεί επίσης την κατανόηση των πελατών της OPS και ο διάλογος με τις ναυτιλιακές εταιρείες θα καταστήσει δυνατή την καλύτερη κατανόηση των φιλοδοξιών τους. Ωστόσο, κανονισμοί όπως το «Fit for 55» πιθανότατα θα επηρεάσουν την αγορά ώστε να προετοιμαστεί πιο γρήγορα για τη χρήση του OPS. Επιπλέον, η επιλογή των τεχνικών λύσεων για το OPS θα πρέπει να συντονίζεται με τις ναυτιλιακές εταιρείες καθώς και με άλλα λιμάνια για να αυξηθεί η συμβατότητα και η χρήση. Συνιστάται στα λιμάνια να χρησιμοποιούν καθοδήγηση από πρότυπα και να συμβουλεύονται επίσης τη διαθέσιμη τεχνική εμπειρογνωμοσύνη ή να προσλαμβάνουν έναν εξωτερικό σύμβουλο που μπορεί να διερευνήσει τις ανάγκες και τα όρια ενέργειας, τα χαρακτηριστικά του πλοίου και του τερματικού σταθμού, τις τεχνικές λύσεις και τις τιμές, τα λειτουργικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε λύσης, καθώς και τις επιλογές του επιχειρηματικού μοντέλου. Η εύρεση της σωστής βοήθειας μπορεί από μόνη της να είναι μια πρόκληση, ακόμη και για λιμένες που έχουν ήδη εγκαταστήσει προηγουμένως OPS, πιθανώς επειδή οι μοναδικές περιπτώσεις OPS απαιτούν εξατομικευμένες λύσεις. Συνιστάται, ωστόσο, να ακολουθείτε τα υπάρχοντα πρότυπα OPS, καθώς αυτό διασφαλίζει υψηλότερο επίπεδο συμβατότητας μεταξύ πλοίων και λιμένων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να είναι χρήσιμο στις διαδικασίες προμηθειών τα λιμάνια και οι ναυτιλιακές εταιρείες να μπορούν να προσδιορίσουν τις λειτουργίες που επιθυμούν να επιτύχουν στη λίστα απαιτήσεων αντί να προσδιορίσουν τον εξοπλισμό που αναμένουν να χρησιμοποιήσουν, ώστε να δοθεί στους κατασκευαστές η ευκαιρία να προτείνουν συγκεκριμένες λύσεις που βασίζονται στις λειτουργίες τους. Εκτός από άλλες τεχνικές επιλογές, το λιμάνι μπορεί να θέλει να αξιολογήσει τις επιλογές αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. μπαταρίες) για ζήτηση αιχμής ή ενδοημερήσια διαπραγμάτευση, για να εξασφαλίσει την παροχή ρεύματος στο μέλλον.

Κατά τη **λειτουργία του OPS**, είναι απαραίτητο να έχετε επίγνωση των κινδύνων που σχετίζονται με τις διακυμάνσεις των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας και την πιθανή μελλοντική έλλειψη ενέργειας. Πριν από κάθε σύνδεση OPS, πρέπει να ελέγχεται η διαθεσιμότητα ρεύματος, καθώς η αυξημένη και κυμαινόμενη ενεργειακή ζήτηση στην κοινωνία και οι αντίστοιχες τιμές ενδέχεται να αλλάξουν γρήγορα τον αγωνιστικό χώρο για το OPS. Επιπλέον, πριν τεθεί σε λειτουργία το OPS, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένα λειτουργικά ζητήματα :

- οι απαραίτητες πιστοποιήσεις και εκπαίδευση που απαιτούνται από τα πρότυπα και τους νηογνώμονες
- επιθεωρήσεις συμβατότητας και συντήρησης επί του σκάφους
- έλεγχοι ασφαλείας του εξοπλισμού
- σχεδιασμός και συνεχής συντήρηση του εξοπλισμού

Όταν το OPS βρίσκεται σε λειτουργία, πρέπει να ελέγχονται οι συνθήκες κάθε σύνδεσης (π.χ. άνεμος και βύθισμα σκάφους) ώστε να μπορεί να εκτελεστεί με ασφαλή τρόπο.

2.5.2 Τέσσερις σημαντικές πτυχές για τις ναυτιλιακές εταιρείες

Οι βασικές πτυχές που πρέπει να λάβουν υπόψη οι ναυτιλιακές εταιρείες κατά την αντιμετώπιση των προκλήσεων που έχουν αναφερθεί προηγουμένως συνοψίζονται παρακάτω. Αυτές οι πτυχές δεν παρουσιάζονται με συγκεκριμένη σειρά προτεραιότητας και η κατάσταση σε κάθε ναυτιλιακή εταιρεία θα καθορίσει επίπεδο εφαρμογής.

Σημαντικές πτυχές για τα λιμάνια που εφαρμόζουν το OPS	
Οικονομική	**Επιχειρηματική**
Εξασφαλίστε εξωτερική χρηματοδότηση για την υποστήριξη της εγκατάστασης	Λάβετε την επιβεβαίωση των λιμένων ότι προσφέρουν OPS
Σχέδιο για τον τρόπο ανάκτησης των επενδύσεων	Συντονισμός τεχνικών λύσεων με λιμάνια
Σχεδιάστε πώς να καλύψετε τα λειτουργικά έξοδα (τέλη σύνδεσης, συντήρηση κ.λπ.)	Καθορισμός επιχειρηματικού μοντέλου για την κάλυψη επενδυτικών και λειτουργικών δαπανών.
	Λάβετε υποστήριξη από υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για π.χ. σταθερές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, φοροαπαλλαγή
Τεχνική	**Επιχειρησιακή**
Λάβετε οδηγίες από πρότυπα, ειδικούς και αρχές	Αρκετός χρόνος στο αγκυροβόλιο (πάνω από 2-4 ώρες)
Συντονισμός τεχνικών λύσεων με λιμάνια (για αυξημένη συμβατότητα και χρήση)	Λάβετε τις απαραίτητες πιστοποιήσεις
Προσδιορίστε τις ανάγκες τάσης και μετασχηματιστή	Λάβετε την απαραίτητη εκπαίδευση για συνδέσεις HV
Απαιτήσεις συχνότητας και ανάγκη για μετατροπέα	Πραγματοποιήστε έλεγχο ασφαλείας του εξοπλισμού
Εξετάστε τα βύσματα και τα καλώδια	Ελέγξτε τις συνθήκες (άνεμος, βύθισμα) και εκτελέστε συνδέσεις
Προσδιορίστε το σημείο σύνδεσης	Σχεδιάστε και πραγματοποιήστε συνεχή συντήρηση

Πρώτον, οι πτυχές που συγκεντρώνονται σε αυτήν την ενότητα απευθύνονται σε ναυτιλιακές εταιρείες, οι οποίες περιλαμβάνουν πλοιοκτήτες καθώς και φορείς εκμετάλλευσης πλοίων. Αυτοί οι δύο ρόλοι θα μπορούσαν να διαδραματίζονται από την ίδια εταιρεία ή διαφορετικές εταιρείες. Σε αυτή την ενότητα, δεν θα γίνει διάκριση μεταξύ των δύο ρόλων. Ωστόσο, οι οικονομικές και τεχνικές πτυχές μπορεί να είναι πιο σημαντικές για τους πλοιοκτήτες, ενώ τα επιχειρηματικά και λειτουργικά ζητήματα είναι πιο σημαντικά για τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων.

Από **οικονομική άποψη**, η εξωτερική χρηματοδότηση για την υποστήριξη της εγκατάστασης είναι ένας σημαντικός παράγοντας που θα βοηθήσει στην υπέρβαση του υψηλού επενδυτικού κόστους. Για παράδειγμα, η εταιρεία δεξαμενόπλοιων Donsötank έλαβε χρηματοδότηση από την «Klimatklivet», η οποία συνέβαλε στην εγκατάσταση εξοπλισμού OPS καθώς και συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας σε νεότευκτα πλοία, ώστε να είναι δυνατή τόσο η σύνδεση στο OPS όσο και η φόρτιση μπαταριών στο λιμάνι. Επιπλέον, όταν πρόκειται για οικονομικά ζητήματα, ένα γενικό σχέδιο για τον τρόπο ανάκτησης από την επένδυση και τυχόν πρόσθετα λειτουργικά κόστη θα προετοιμάσει καλύτερα την επιχείρηση για λειτουργία.

Όσον αφορά **θέματα που σχετίζονται με τις επιχειρήσεις**, οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να λάβουν την επιβεβαίωση των λιμένων ότι προσφέρουν OPS συμβατό με το πλοίο που βρίσκεται σε λειτουργία. αραδείγματα από τις συνεντεύξεις δείχνουν ότι ο διάλογος με τα λιμάνια είναι σημαντικός και πρέπει να περιλαμβάνει τον τρόπο συντονισμού των τεχνικών λύσεων.

Τα **τεχνικά ζητήματα** χρειάζονται προσοχή από την αρχή της διαδικασίας προετοιμασίας για εγκατάσταση OPS. Αρχικά, οι ανάγκες ισχύος του σκάφους πρέπει να κοινοποιηθούν στο λιμάνι για να επιβεβαιωθεί η παροχή. Κανονισμοί όπως το «Fit for 55» πιθανότατα θα επηρεάσουν τις ναυτιλιακές εταιρείες να προετοιμαστούν να χρησιμοποιήσουν το OPS πιο γρήγορα. Επιπλέον, οι τεχνικές λύσεις θα πρέπει να συντονιστούν με τα λιμάνια για να αυξηθεί η συμβατότητα και η χρήση. Συνιστάται στις ναυτιλιακές εταιρείες να χρησιμοποιούν καθοδήγηση από πρότυπα και επίσης να συμβουλεύονται τη διαθέσιμη τεχνική εμπειρογνωμοσύνη ή να προσλαμβάνουν έναν συνιστώμενο εξωτερικό σύμβουλο που μπορεί να διερευνήσει τις ανάγκες και τα όρια ισχύος, τα χαρακτηριστικά του πλοίου και του τερματικού σταθμού, τις τεχνικές λύσεις και τις τιμές, τα λειτουργικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε λύσης, όπως καθώς και τις επιλογές επιχειρηματικού μοντέλου για την κάλυψη επενδυτικών και λειτουργικών δαπανών. Η εύρεση της σωστής βοήθειας μπορεί, από μόνη της, να είναι μια πρόκληση. Ωστόσο, καλό είναι να ακολουθείτε τα υπάρχοντα πρότυπα OPS, καθώς αυτό διασφαλίζει υψηλότερο επίπεδο συμβατότητας μεταξύ πλοίων και λιμένων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να είναι χρήσιμο στις διαδικασίες προμηθειών τα λιμάνια και οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να προσδιορίσουν τις λειτουργίες που επιθυμούν να επιτύχουν στη λίστα απαιτήσεων αντί να προσδιορίσουν τον εξοπλισμό που αναμένουν να χρησιμοποιήσουν, ώστε να δοθεί στους κατασκευαστές η ευκαιρία να προτείνουν συγκεκριμένες λύσεις που βασίζονται στις λειτουργίες. Κατά την είσοδο στην επιχειρησιακή φάση, ένας σημαντικός παράγοντας είναι να υπάρχει αρκετός χρόνος στο αγκυροβόλιο, ο οποίος από προηγούμενες μελέτες βρέθηκε ότι είναι τουλάχιστον δύο ώρες, καθώς λιγότερο από δύο ώρες θεωρείται συνήθως πολύ σύντομο διάστημα για να δικαιολογηθεί η διαδικασία σύνδεσης και αποσύνδεσης.

Επίσης, πριν τεθεί σε λειτουργία το OPS, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για ορισμένα **λειτουργικά ζητήματα** :

- Η απαραίτητη πιστοποίηση και εκπαίδευση για το χειρισμό του εξοπλισμού HV
- Επιθεωρήσεις συμβατότητας και συντήρησης επί του σκάφους
- Ελέγχοι ασφαλείας του εξοπλισμού
- Σχεδιασμός και εκτέλεση συνεχούς συντήρησης του εξοπλισμού

Όταν το OPS βρίσκεται σε λειτουργία, πρέπει να ελέγχονται οι συνθήκες κάθε σύνδεσης (π.χ. άνεμος και βύθισμα σκάφους) ώστε να μπορεί να εκτελεστεί με ασφαλή τρόπο.

2.6 Συμπεράσματα

Σκοπός του έργου ήταν η διερεύνηση των παρακάτω :

- Τα κίνητρα μεταξύ των λιμανιών και των ναυτιλιακών εταιρειών για προσφορά ή χρήση OPS
- Τα βήματα λήψης αποφάσεων και οι φορείς που εμπλέκονται στη διαδικασία υιοθέτησης της ισχύος στην ξηρά
- Το κόστος και οι επιχειρηματικές ρυθμίσεις για την εγκατάσταση και λειτουργία των συνδέσεων ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά
- Οι προκλήσεις στην εγκατάσταση και λειτουργία ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά
- Ο διαφορετικός εξοπλισμός OPS που χρησιμοποιείται στα σουηδικά λιμάνια και στα πλοία

Κατά συνέπεια, αυτό το έργο έχει συγκεντρώσει μια επισκόπηση της κατάστασης του OPS στη Σουηδία και συνέταξε συστάσεις για μελλοντική εφαρμογή και έρευνα του OPS, όπως συνοψίζεται παρακάτω.

2.6.1 Η Σουηδία στην πρώτη γραμμή της Ευρώπης

Η Σουηδία είναι επί του παρόντος η χώρα στην Ευρώπη με τα περισσότερα λιμάνια **9** να παρέχουν OPS, κυρίως στο τμήμα ro-pax και πορθμείων(ferries). Οι σουηδικές ναυτιλιακές εταιρείες, ιδίως στο τμήμα ro-pax και δεξαμενόπλοιων, έχουν ωθήσει την ανάπτυξη προς την εγκατάσταση και χρήση OPS σε πολλά παραδείγματα. Εκτός από την υφιστάμενη διάταξη, πολλά άλλα σουηδικά λιμάνια εξετάζουν επί του παρόντος την προετοιμασία και την εγκατάσταση του OPS. Ωστόσο, τα σουηδικά λιμάνια και οι ναυτιλιακές εταιρείες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη εκτός Σουηδίας, καθώς για να έχουν μια βιώσιμη επιχειρηματική υπόθεση, τα πλοία θέλουν περισσότερα από ένα λιμάνια για σύνδεση. Για να επιτευχθεί μια τέτοια ανάπτυξη, είναι απαραίτητος ένας διάλογος και ο συντονισμός των τεχνολογιών μεταξύ των λιμένων.

2.6.2 Η ρυθμιστική πίεση αυξάνεται

Επί του παρόντος, υπάρχει μια ευρεία πολιτική ώθηση για την ηλεκτροδότηση του σουηδικού τομέα μεταφορών και η OPS στα θαλάσσια λιμάνια ταιριάζει καλά σε αυτό το παράδειγμα. Η πίεση στους σουηδούς παράγοντες είναι επίσης πιθανό να αυξηθεί καθώς οι νέοι κανονισμοί σε επίπεδο ΕΕ αναμένεται να κατευθύνουν προς τη χρήση του OPS σε μεγαλύτερο βαθμό στο μέλλον (π.χ. μέσω της πιθανής εφαρμογής του «Fit for 55»). Όπως φαίνεται σε αυτή τη μελέτη, οι αυστηροί κανονισμοί εκπομπών είναι μια από τις ισχυρότερες κινητήριες δυνάμεις πίσω από την εφαρμογή και τη χρήση του OPS. Επιπλέον, σε τοπικό επίπεδο, έχει επισημανθεί το OPS από τις αρχές ως μια σημαντική εναλλακτική λύση για την αξιολόγηση των λιμένων όταν υποβάλλουν αίτηση για νέες περιβαλλοντικές άδειες. Ωστόσο, η γνώση μεταξύ των μη έμπειρων λιμένων είναι χαμηλή και απαιτείται περαιτέρω καθοδήγηση σχετικά με τις εγκαταστάσεις OPS για την τήρηση των επερχόμενων κανονισμών. Επίσης, το επενδυτικό κόστος είναι υψηλό και συχνά απαιτείται εξωτερική χρηματοδότηση. Ως εκ τούτου, οι αρχές πρέπει να γνωρίζουν ότι οι επενδύσεις σε OPS ενδέχεται να αντιπροσωπεύουν μεγάλη οικονομική επιβάρυνση για τους λιμένες και τις ναυτιλιακές εταιρείες και, ως εκ τούτου, ενδέχεται να απαιτούν οικονομική υποστήριξη για να επιταχύνουν την υιοθέτηση, όπως έχει γίνει στα λιμάνια του Γκέτεμποργκ και της Στοκχόλμης.

2.6.3 Εξασφάλιση ηλεκτροδότησης στα λιμάνια

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί δραματικά τα επόμενα χρόνια, μαζί με τις τιμές του ρεύματος, λόγω της γενικότερης τάσης ηλεκτροδότησης. Έτσι, η OPS θα ανταγωνιστεί άλλους τομείς όσον αφορά την εξασφάλιση πρόσβασης στην ενέργεια. Κατά το ενδεχόμενο εγκατάστασης OPS σε λιμάνι, είναι απαραίτητος ένας έγκαιρος διάλογος με τους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου και τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας.

Το ζήτημα της έλλειψης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω για να διαπιστωθεί ότι οι εγκαταστάσεις OPS της Σουηδίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για να δικαιολογηθεί η επένδυση και η διάθεση εθνικών και κοινοτικών δημόσιων πόρων. Επί του παρόντος δεν υπάρχει απογραφή όλων των προγραμματισμένων και αναμενόμενων εγκαταστάσεων OPS και των σχετικών αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας στη Σουηδία, και οι υπάρχουσες αναφορές σχετικά με την ηλεκτροδότηση δεν προτείνουν συνήθως το OPS. Για να έχουμε μια καλύτερη επισκόπηση των αναγκών ενέργειας OPS στο μέλλον, περαιτέρω εργασίες θα πρέπει να διερευνήσουν πιθανά σενάρια ζήτησης ενέργειας από την ανάπτυξη των υπηρεσιών OPS και τη χρήση τους στη Σουηδία, σύμφωνα με τους επερχόμενους κανονισμούς, και λαμβάνοντας επίσης υπόψη την πιθανή μελλοντική εφαρμογή εναλλακτικών λύσεων σκαφών μηδενικών εκπομπών. Επιπλέον, το OPS δεν θα πρέπει να αναλυθεί μεμονωμένα, αλλά να οριστεί ως μέρος του πλήρους συστήματος λιμένων που μπορεί να περιλαμβάνει άλλες υπηρεσίες που απαιτούν ενέργεια, όπως η φόρτιση ηλεκτρικών σκαφών, ο εξοπλισμός χειρισμού και τα φορτηγά.

Επίσης, άλλοι τρόποι εξασφάλισης του εφοδιασμού με ηλεκτρική ενέργεια για το OPS θα μπορούσαν να γίνουν κρίσιμοι στα λιμάνια, π.χ. η χρήση μπαταριών για την εξάλειψη της διαφοράς μεταξύ ζήτησης και προσφοράς, η οποία είναι μια προσέγγιση που εξετάζεται στα σουηδικά λιμάνια. Ωστόσο, τέτοιες επιλογές, καθώς και άλλες δυνατότητες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω ως μέρος όλων των υπηρεσιών του λιμανιού που απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια.

2.6.4 Η συνεργασία μεταξύ των παραγόντων είναι το κλειδί για την επιτυχή εφαρμογή του OPS

Το OPS είναι πιο επιτυχημένο όταν προκύπτει από μια συντονισμένη προσπάθεια μεταξύ λιμένων και ναυτιλιακών εταιρειών, συμβούλων που μπορούν να βοηθήσουν στη διερεύνηση των αναγκών των λιμένων και των τεχνικών OPS και των διαχειριστών δικτύου και των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας σε ότι αφορά την ενεργειακή χωρητικότητα. Παραμένει αβεβαιότητα σχετικά με τη μακροπρόθεσμη χρησιμότητα των εγκαταστάσεων OPS, ειδικά για τα λιμάνια που δεν έχουν προβλέψιμη κίνηση με τακτικά εισερχόμενα πλοία και μακροπρόθεσμες συμβάσεις με ναυτιλιακές εταιρείες ή για ναυτιλιακές εταιρείες που καταπλέουν σε διάφορα λιμάνια. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι αβεβαιότητες, τα λιμάνια και οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να καταλήξουν σε συμφωνίες σχετικά με λύσεις για το OPS. Ωστόσο, η κατάσταση ενδέχεται να βελτιωθεί λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος και της υιοθέτησης του OPS. Ο συντονισμός των τεχνικών/εξοπλισμού OPS μεταξύ λιμένων και ναυτιλιακών εταιρειών είναι κεντρικός και οι δυσκολίες λήψης αποφάσεων για τεχνικές επιλογές θα μπορούσαν να καθοδηγούνται από πρότυπα (εν μέρει), εμπειρογνώμονες και αρχές. Τα επιχειρηματικά μοντέλα μεταξύ των λιμένων είναι συχνά οικονομικά αδύναμα, αλλά είναι δυνατές διάφορες προσεγγίσεις, όπως διαφορετικά μοντέλα πληρωμών. Για να πετύχει μια εγκατάσταση OPS, οι λιμένες και οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να λάβουν υπόψη οικονομικά, επιχειρηματικά, τεχνικά και λειτουργικά ζητήματα. Η βιωσιμότητα και η μακροζωία του OPS δεν διερευνώνται πάντα ενδελεχώς εκ των προτέρων, και τέτοιες έρευνες θα πρέπει να διεξάγονται κατά περίπτωση.

2.6.5 Το υψηλότερο επίπεδο τυποποίησης μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο

Τα πρότυπα είναι σημαντικά και μπορούν να βοηθήσουν στην επιτάχυνση της περαιτέρω εισαγωγής του OPS. Τα διεθνή πρότυπα OPS IEC 80005 (LV και HV) ενημερώνονται για να περιλαμβάνουν περισσότερα τμήματα σκαφών. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν διαφορές στους πιθανούς τεχνικούς συνδυασμούς, σταθμούς και σημεία σύνδεσης. Συνήθως επιλέγονται με βάση το τμήμα και το μέγεθος του σκάφους που θα συνδεθεί (συμπεριλαμβανομένων των αναγκών ισχύος, τάσης και συχνότητας), του διαθέσιμου χώρου στην αποβάθρα, των αναγκών και των πόρων του λιμανιού κ.λπ. Η περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνικών προτύπων θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για την καθοδήγηση και την επιτάχυνση της εφαρμογής OPS μεταξύ των λιμένων και των ναυτιλιακών εταιρειών, ειδικά για εκείνες που δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία στο OPS. Υπάρχουν, ωστόσο, διαφορετικές απόψεις σχετικά με τον βαθμό στον οποίο πρέπει να αναπτυχθούν τα πρότυπα και εάν είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια καθολική λύση για το OPS. Ακόμη και αν πραγματοποιείται ανάπτυξη, περαιτέρω έρευνα θα ήταν πολύτιμη σε αυτό το θέμα, π.χ. για την αξιολόγηση των συστάσεων στα πρότυπα και την εύρεση οδών ανάπτυξης που είναι πιο εφικτές για εγκαταστάσεις OPS μεταξύ των εμπλεκόμενων παραγόντων.

3 Στρατηγική Τιμολόγησης

3.1 Περίληψη

Οι θαλάσσιες μεταφορές ευθύνονται επί του παρόντος για το 90% περίπου του παγκόσμιου εμπορίου και συμβάλλουν περίπου στο 2,7% των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα. Για τη δημιουργία ενός βιώσιμου θαλάσσιου συστήματος, η ηλεκτροδότηση των μεταφορών είναι μια αναπόφευκτη τάση. Σε αυτό το πλαίσιο, εμφανίζεται η τεχνολογία cold ironing για αμιγώς ηλεκτρικά πλοία (AES | All-electric Ships). Συνεπώς, προτείνουμε ένα πλαίσιο τιμολόγησης τριών επιπέδων των υπηρεσιών cold ironing για AES, το οποίο εξετάζει συνολικά τον προγραμματισμό ταξιδιών των AES, την αποστολή του συστήματος ισχύος και το κέρδος της οντότητας εξυπηρέτησης cold ironing (CISE | Cold Ironing Serving Entity). Η τιμολόγηση με βάση τον χρόνο χρήσης (TOU | Time Of Use), όπου το επίπεδο τιμής και η δομή των τιμών βελτιστοποιούνται από κοινού, διαμορφώνεται με βάση την οριακή τιμή διανομής άνθρακα (DLMP | Distribution Locational Marginal Pricing). Διαπιστώθηκε ότι σε σύγκριση με τη στρατηγική τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο και τη στρατηγική σταθερής τιμολόγησης, η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να δώσει καλύτερα κίνητρα στους AES να πραγματοποιήσουν τη διαχείριση συμφόρησης ηλεκτρικής ενέργειας και τον έλεγχο των εκπομπών. Εξάλλου, εγγυάται το κέρδος της CISE με χαμηλούς κινδύνους και βοηθά τον πελάτη να αντισταθμίσει τους κινδύνους της αγοράς.

3.2 Εισαγωγή

Ο ναυτιλιακός τομέας αντιπροσωπεύει επί του παρόντος την επιμελητεία του 90% του παγκόσμιου εμπορίου. Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι υπεύθυνη για ένα αυξανόμενο ποσό παγκόσμιων εκπομπών καυσαερίων. Η παγκόσμια ναυτιλία εξέπεμψε 930 εκατομμύρια CO_2 το 2020, που αντιπροσωπεύει το 2,73% των συνολικών εκπομπών άνθρακα. Επομένως, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πλοίων δεν μπορούν να παραμεληθούν. Για τη δημιουργία ενός φιλικού προς το περιβάλλον συστήματος θαλάσσιων μεταφορών, η ανάπτυξη αμιγώς ηλεκτρικών πλοίων (AES) γίνεται ένα αποτελεσματικό μέτρο, κυρίως για την αντιμετόπιση των αέριων εκπομπών ρύπων που οφείλονται στον ναυτιλιακό τομέα. Τα AES είναι εξοπλισμένα με υβριδικά ενεργειακά συστήματα, όπως φωτοβολταϊκά (PV), μπαταρία, γεννήτριες ντίζελ κ.λπ. Η χερσαία ισχύς (onshore power), επίσης γνωστή ως cold ironing, αναφέρεται συμβατικά στην ηλεκτρική ενέργεια από την ακτή, για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά σε ένα πλοίο στο αγκυροβόλιο που θα αντικαταστήσει τις βοηθητικές γεννήτριες ντίζελ στο πλοίο, που καλύπτουν τις βασικές ανάγκες και λειτουργίες του πλοίο όσο αυτό βρίσκεται σε θέση ελλιμενισμού. Οι βοηθητικές γεννήτριες ντίζελ που τροφοδοτούν εξοπλισμό διακίνησης φορτίου και άλλες υπηρεσίες πλοίων ενώ βρίσκονται στο λιμάνι είναι η κύρια πηγή ατμοσφαιρικών εκπομπών από τα πλοία στα λιμάνια σήμερα, επειδή οι βοηθητικές γεννήτριες λειτουργούν κυρίως με βαρύ μαζούτ (heavy fuel oil or bunkers). Για τα AES, το cold ironing δεν επιτρέπει μόνο σε εξοπλισμό έκτακτης ανάγκης, καταψύξη, ψύξη, θέρμανση, φωτισμό και άλλο εξοπλισμό να λαμβάνουν συνεχή ηλεκτρική ισχύ ενώ το πλοίο φορτώνει ή εκφορτώνει το φορτίο του, αλλά μπορεί επίσης να φορτίσει τη μπαταρία των AES.

Σε αυτή την ενότητα, πραγματοποιείται μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση σχετικά με τα AES. Αρχικά, εξετάζουμε τη στρατηγική διαχείρισης ενέργειας των ηλεκτρικών πλοίων. Δεύτερον, εξετάζουμε τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των θαλάσσιων λιμένων μικρού δικτύου (seaport microgrids), τα οποία παρέχουν ενέργεια σε AES μέσω cold ironing(Ένα μικροδίκτυο είναι ένα αυτόνομο ενεργειακό σύστημα που εξυπηρετεί ένα διακριτό γεωγραφικό αποτύπωμα, όπως μια πανεπιστημιούπολη, ένα νοσοκομειακό συγκρότημα, ένα επιχειρηματικό κέντρο ή μια

γειτονιά. Μέσα στα μικροδίκτυα υπάρχουν ένα ή περισσότερα είδη κατανεμημένης ενέργειας (ηλιακά πάνελ, ανεμογεννήτριες, συνδυασμένη θερμότητα&ενέργεια, γεννήτριες) που παράγουν την ισχύ της). Στη συνέχεια, συνοψίζουμε τον τρόπο συντονισμού μεταξύ του μικροδικτύου του θαλάσσιου λιμένα και του μικροδικτύου των AES. Τέλος, συζητείται η ενσωμάτωση του συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αποθήκευσης ενέργειας επί του πλοίου και των θαλάσσιων λιμένων για την επίτευξη πράσινων θαλάσσιων μεταφορών. Στη βιβλιογραφία, η στρατηγική διαχείρισης ενέργειας των ηλεκτρικών πλοίων έχει μελετηθεί ευρέως. Οι αναφορές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε :

- έλεγχο ταχύτητας πλεύσης
- διαχείριση ενέργειας επί του σκάφους

Για τον έλεγχο της ταχύτητας πλεύσης, καθιέρωσε ένα μοντέλο προγραμματισμού ταχύτητας πλεύσης για την αξιολόγηση της επίδρασης του προγραμματισμού ταχύτητας στη μείωση των εκπομπών. Έχει προταθεί ένα προσαρμοστικό μοντέλο προγνωστικού ελέγχου για την επίλυση των μεγάλων διακυμάνσεων του φορτίου πρόωσης λόγω των κυμάτων. Έχει προταθεί μια βέλτιστη στρατηγική σχεδιασμού διαδρομής για AES με υβριδικό ESS, όπου η πλοήγηση και η ταχύτητα πλεύσης των AES έλαβαν πλήρως υπόψη τις θαλάσσιες καταστάσεις και την κλίμακα Μποφόρ. Ορισμένες αναφορές επικεντρώθηκαν περαιτέρω στη διαχείριση ενέργειας επί του πλοίου. Τα AES μπορούν να θεωρηθούν ως μικροδίκτυα πλοίου, που αποτελούνται τόσο από ενεργειακό δίκτυο όσο και από δίκτυο επικοινωνίας. Οι γεννήτριες και η μπαταρία παρέχουν ισχύ μέσω του ενεργειακού δικτύου για την κάλυψη των φορτίων πρόωσης και λειτουργίας. Όσον αφορά το δίκτυο επικοινωνίας, το σύστημα διαχείρισης ενέργειας του πλοίου (EMS | Energy Management System) μπορεί να υπολογίσει βέλτιστα τις γεννήτριες ισχύος και τις εξόδους των μπαταριών και να στείλει τα σήματα ελέγχου σε κάθε στοιχείο μέσω του δικτύου επικοινωνίας. Έχει προταθεί μια συντονισμένη μέθοδο για την αποστολή ενέργειας και τον προγραμματισμό ταξιδιών που βασίζεται σε μια προσαρμοστικά στοχαστική βελτιστοποίηση αποφυγής κινδύνου. Η προτεινόμενη μέθοδος ελαχιστοποίησε το συνολικό κόστος ταξιδιού και υποθετική | υπό όρους αξία σε κίνδυνο (Conditional Value at Risk | CVaR). Έχει προταθεί μια ισχυρή βελτιστοποίηση με γνώμονα τα δεδομένα της αποστολής ενέργειας των AES, όπου διάφορες αβεβαιότητες από την ηλιακή ακτινοβολία και τη γωνία ταλάντευσης του πλοίου λήφθηκαν πλήρως υπόψη κατά τη διάρκεια της κρουαζιέρας. Έχει προταθεί ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας βασισμένο σε μοντέλα συστημάτων γραφημάτων ομολόγων όπου η διαμόρφωση του συστήματος μηχανημάτων του πλοίου βελτιστοποιήθηκε με βάση την τρέχουσα κατάσταση λειτουργίας. Προτάθηκε μια βέλτιστη κατανομή ροής ισχύος των υβριδικών ενεργειακών συστημάτων με φωτοβολταϊκά, μπαταρίες, γεννήτριες ντίζελ και cold ironing για την επίτευξη λειτουργικής ασφάλειας και αποτελεσματικότητας των AES.

Με την πρόοδο των τεχνολογιών του cold ironing, τα μικροδίκτυα θαλάσσιων λιμένων μπορούν να παρέχουν ενέργεια στα AES που βρίσκονται σε αγκυροβόλια. Τα μικροδίκτυα θαλάσσιων λιμένων έχουν παρόμοιες δομές και στοιχεία σε σύγκριση με τα χερσαία μικροδίκτυα. Ωστόσο, η τυπολογία του μικροδικτύου του θαλάσσιου λιμένα αλλάζει συχνά λόγω της ελλιμενισμού των AES μέσα και έξω. Για το σκοπό αυτό, ορισμένες αναφορές επικεντρώθηκαν στη στρατηγική λειτουργίας και σχεδιασμού των μικροδικτύων θαλάσσιων λιμένων.

Δεδομένου ότι η εκτεταμένη ηλεκτροδότηση των θαλάσσιων μεταφορών, η υλικοτεχνική και η ηλεκτρική πλευρά του θαλάσσιου λιμένα και του πλοίου συνδέονται, στη μελλοντική διαχείριση θαλάσσιων μεταφορών, θα επικεντρωθεί στη διαχείριση συντονισμού των μικροδικτύων θαλάσσιων λιμένων και των μικροδικτύων πλοίων. Ο συντονισμός μπορεί να χωριστεί σε βραχυπρόθεσμο (δευτερόλεπτα έως λεπτά) και μακροπρόθεσμο (ώρες και άνω). Η

βραχυπρόθεσμη διαχείριση αναφέρεται στα προβλήματα ελέγχου AC/DC, το οποίο δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής αυτού του άρθρου και δεν θα συζητηθεί περαιτέρω. Η παρούσα εργασία πραγματεύεται κυρίως τη μακροπρόθεσμη λειτουργία, η οποία εστιάζει στη στρατηγική διαχείρισης ενέργειας. Στη βιβλιογραφία, συνοψίζονται δύο μοτίβα λειτουργίας:

- berthed-in mode
- berthed-out mode

Στη κατάσταση berthed-in τα AES είναι ελλιμενισμένα στα λιμάνια και λαμβάνουν την παροχή ρεύματος με cold ironing. Οι θαλάσσιοι λιμένες θα διαθέτουν μια θέση ελλιμενισμού που αναφέρεται ως προβλήματα κατανομής ελλιμενισμού. Σε αυτή τη χρονική περίοδο, τα μικροδίκτυα θαλάσσιων λιμένων προγραμματίζουν τα συστήματα ελλιμενισμού για να διευκολύνουν τη λειτουργία των μικροδικτύων θαλάσσιων λιμένων ώστε να καλύπτεται τόσο η ζήτηση ισχύος επί του πλοίου όσο και η ζήτηση ισχύος φόρτωσης των γερανών λιμένων. Στη κατάσταση berthed-out, τα AES πλοηγούνται στη θάλασσα και συντονίζονται με τους θαλάσσιους λιμένες σύμφωνα με την απαίτηση ακρίβειας και τις επιλογές διαδρομής πλοήγησης. Σε αυτή τη διαδικασία, τα AES γίνονται φυσικά ανεξάρτητα από τους θαλάσσιους λιμένες και τα λιμάνια χρησιμοποιούν τον ενημερωμένο χρόνο άφιξης για να οργανώσουν ενεργειακά σχέδια.

Τα τελευταία χρόνια, το κοινό ανησυχεί όλο και περισσότερο για τα κλιματικά ζητήματα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των AES τράβηξαν την προσοχή. Από την πλευρά του πλοίου, έχει προταθεί μια μέθοδος βελτιστοποίησης διαστήματος για τον προσδιορισμό του βέλτιστου μεγέθους του ESS στο σύστημα ισχύος στα AES για τη μείωση του κόστους καυσίμου, του κεφαλαιουχικού κόστους του ESS και των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Έχει προταθεί ένας βέλτιστος έλεγχο στο πλοίο για την αποστολή της ροής ισχύος όταν το πλοίο βρίσκεται στο θαλάσσιο λιμάνι με βάση τη μέθοδο προγνωστικού ελέγχου του μοντέλου και επαληθεύτηκε ότι ένα πράσινο πλοίο με επί του πλοίου PV/μπαταρία/ντίζελ/cold ironing υβριδικό ενεργειακό σύστημα θα μπορούσε να μειώσει το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ενός πλοίου σε μεγάλο βαθμό. Από την ακτή, πρότεινε μια στρατηγική διαχείρισης ενέργειας για τους θαλάσσιους λιμένες, η οποία περιελάμβανε μεγάλο αριθμό ευέλικτων ηλεκτρικών φορτίων όπως εμπορευματοκιβώτια ψύξης, ηλεκτρικά οχήματα και τροφοδοτικά ηλεκτρικής ακτής για τα πλοία που βρίσκονται ελλιμενισμένα, κ.λπ. Για να δημιουργήσει μια σύνδεση μεταξύ της ακτής και του πλοίου, σχεδιάστηκε ένα σύστημα cold ironing με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από την πλευρά του θαλάσσιου λιμανιού, το οποίο συνέβαλε στην επίτευξη μηδενικών εκπομπών από ελλιμενισμένα πλοία.

Αν και η τεχνολογία του cold ironing και η στρατηγική διαχείρισης ενέργειας των AES έχουν μελετηθεί ευρέως, η στρατηγική τιμολόγησης των υπηρεσιών του cold ironing δεν έχει αναλυθεί. Προτείνουμε μια στρατηγική τιμολόγησης για υπηρεσίες cold ironing για AES. Για την υλοποίηση της εφαρμογής στη βιομηχανία απαιτούνται ουσιαστικές μελέτες σε πρώιμο στάδιο. Οι κύριες συνεισφορές συνοψίζονται ως εξής :

- Πρώτον, προτείνεται ένα πλαίσιο τιμολόγησης τριών επιπέδων για τις υπηρεσίες cold ironing, το οποίο λαμβάνει συνολικά υπόψη τον προγραμματισμό ταξιδιών του AES, την αποστολή του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και το κέρδος της οντότητας εξυπηρέτησης cold ironing (CISE). Το προτεινόμενο μοντέλο ενσωματώνει το χρονικό-χωρικό δυναμικό μοντέλο των AES ως υποπρόβλημα. Διαφορετικά από τα κανονικά φορτία, τα AES έχουν ένα χαρακτηριστικό ευκινησίας. Ως εκ τούτου, η απόκριση τιμής των κανονικών φορτίων και των AES είναι διαφορετική. Το προτεινόμενο μοντέλο τριών επιπέδων μπορεί να εμφανίσει την αλληλεπίδραση μεταξύ

των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και των δικτύων θαλάσσιων μεταφορών μέσω των προοπτικών του ταξιδιού και του προγραμματισμού φόρτισης|χρέωσης. Επιπλέον, δεδομένου ότι κάθε θαλάσσιος λιμένας προέρχεται από ένα δίκτυο διανομής, υιοθετούνται περισσότερα από ένα δίκτυα διανομής ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των AES. Το προτεινόμενο μοντέλο μπορεί να υλοποιήσει τη συντονισμένη στρατηγική τιμολόγησης μεταξύ των CISE σε διαφορετικά δίκτυα διανομής. Η υιοθέτηση πολλαπλών δικτύων διανομής στη μοντελοποίηση φέρνει ευελιξία επιτρέποντας τη μετάβαση των πιθανών φορτίων φόρτισης σε διαφορετικά δίκτυα διανομής.

- Δεύτερον, το αποτύπωμα άνθρακα των AES παρακολουθείται σύμφωνα με την προτεινόμενη εξίσωση εξέλιξης της κομβικής έντασης άνθρακα με βάση το μοντέλο ροής εκπομπών άνθρακα (CEF) στο σύστημα διανομής. Για την επίτευξη του στόχου εξουδετέρωσης του άνθρακα, η ηλεκτροδότηση των μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων μεταφορών, είναι μια αναπόφευκτη τάση. Παρ'όλα αυτά η μετάβαση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα δίκτυο καθαρών μηδενικών εκπομπών δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί πλήρως στο εγγύς μέλλον. Ως εκ τούτου, η παρακολούθηση των αποτυπωμάτων άνθρακα των AES από το δίκτυο διανομής είναι ένα αναδυόμενο και ουσιαστικό θέμα που πρέπει να διερευνηθεί για την ανάπτυξη ενός πράσινου συστήματος θαλάσσιων μεταφορών.

- Τρίτον, η στρατηγική τιμολόγησης που βασίζεται στο χρόνο χρήσης (TOU) διαμορφώνεται με βάση την ενσωματωμένη οριακή τιμολόγηση της τοπικής διανομής άνθρακα(DLMP). Η διαμορφωμένη στρατηγική τιμολόγησης που βασίζεται σε TOU μπορεί να καθορίσει από κοινού το επίπεδο και τη δομή των τιμών. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να ωφελήσει διάφορα μέρη. Από την άποψη της CISE, η στρατηγική τιμολόγησης είναι ιδιοτελής, η οποία μεγιστοποιεί τα δικά της κέρδη. Από την άποψη των AES, η προτεινόμενη στρατηγική τιμολόγησης απομόνωσε τα AES από την ηλεκτρική ενέργεια, γεγονός που εμποδίζει τους AES να συμμετέχουν άμεσα στην ριψοκίνδυνη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Σε μελέτες περιπτώσεων επαληθεύεται ότι η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να βοηθήσει τα AES να αντισταθμίσουν τους κινδύνους. Επιπλέον, οι διαμορφωμένες τιμές TOU βασίζονται στο DLMP με ενσωματωμένο άνθρακα. Το ολοκληρωμένο DLMP με άνθρακα προέρχεται για να αντικατοπτρίζει τις χρονικές-χωρικές τιμές των υπηρεσιών που παρέχονται από κατανεμημένους ενεργειακούς πόρους (DER). Ως εκ τούτου, η ανταπόκριση των AES στις τιμές χρέωσης έχει ως κίνητρο την άμβλυνση της συμφόρησης του δικτύου και των εκπομπών άνθρακα στα δίκτυα διανομής.

3.3 Διατύπωση του προβλήματος

Το cold ironing αναφέρεται στην ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά που αντικαθιστά τις ενσωματωμένες γεννήτριες ντίζελ για να ικανοποιήσει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των AES. Όταν τα πλοία αρχίζουν να εισέρχονται στο λιμάνι, οι κύριες μηχανές σταδιακά σβήνουν. Συμβατικά, χωρίς το cold ironing, οι βοηθητικές γεννήτριες ενεργοποιούνται για να καλύψουν τα φορτία εξυπηρέτησης των πλοίων όταν τα πλοία ελλιμενίζονται στους θαλάσσιους λιμένες. Ωστόσο, μεγάλη ποσότητα ορυκτών καυσίμων καταναλώνεται κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας όλο το χρόνο, και η αντίστοιχες εκπομπές επηρεάζουν σοβαρά την ποιότητα του αέρα γύρω από τα λιμάνια. Για την άμβλυνση του περιβαλλοντικού προβλήματος, έχουν εμφανιστεί τα τελευταία χρόνια τεχνολογίες τύπου cold ironing. Με το cold ironing, τα λειτουργικά φορτία μπορούν να υποστηριχθούν από χερσαία ηλεκτρική ενέργεια, έτσι ώστε η χρήση ενσωματωμένων γεννητριών ντίζελ να μπορεί να περιοριστεί στα

λιμάνια. Εξετάζουμε την κατάσταση όπου τα AES είναι με υβριδικές συσκευές ισχύος, συμπεριλαμβανομένων των γεννητριών ντίζελ. Υποδεικνύει ότι η χερσαία ισχύς όχι μόνο μπορεί να παρέχει ενέργεια όταν τα AES βρίσκονται σε αγκυροβόλιο, αλλά και να φορτίζει το ESS που είναι εγκατεστημένο στα AES. Ως εκ τούτου, η χρήση ενσωματωμένων γεννητριών ντίζελ μπορεί επίσης να περιοριστεί κατά τη διάρκεια της πλεύσης, ενώ ικανοποιείται το φορτίο πρόωσης και το φορτίο λειτουργίας. Από την ακτή, η ανανεώσιμη ενέργεια χρησιμοποιείται με προτεραιότητα για την παροχή ενέργειας στην ξηρά. Ως εκ τούτου, δημιουργείται ένα βιώσιμο σύστημα cold ironing. Ο έλεγχος και η λειτουργία του cold ironing μπορούν να ταξινομηθούν σε βραχυπρόθεσμο έλεγχο χρονικής κλίμακας και μακροπρόθεσμη λειτουργία χρονικής κλίμακας. Για τον βραχυπρόθεσμο έλεγχο κλίμακας του cold ironing, το μικροδίκτυο DC του πλοίου συνδέεται με το μικροδίκτυο AC θαλάσσιου λιμένα, το οποίο σχηματίζει ένα υβριδικό μικροδίκτυο AC/DC. Η ηλεκτρική σύνδεση του cold ironing γίνεται μέσω μετατροπέα αμφίδρομης διασύνδεσης. Ωστόσο, ο βραχυπρόθεσμος έλεγχος χρονικής κλίμακας δεν είναι το αντικείμενο αυτής της εργασίας.

Για την υλοποίηση της μόνωσης μεταξύ των AES και της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, εισάγεται το CISE. Η μόνωση σημαίνει ότι οι AES δεν συμμετέχουν άμεσα στην ηλεκτρική ενέργεια, αλλά αγοράζουν την ηλεκτρική ενέργεια από το CISE για να αντισταθμίσουν τον κίνδυνο τιμής που προκαλεί η κυμαινόμενη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, το CISE αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια στη χονδρική αγορά και στη συνέχεια διανέμει λιανικά στα AES. Αν και η φύση του cold ironing δεν έχει εμφανή διαφορά από τις άλλες μορφές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, χρεώνονται σε διαφορετικές τιμές από άλλες. Όπως ακριβώς διαμορφώνεται η τιμή χρέωσης των ηλεκτρικών οχημάτων από τους σταθμούς φόρτισης, η οποία είναι διαφορετική από τις άλλες υπηρεσίες ηλεκτρικής ενέργειας. Ο κύριος λόγος είναι ότι το πρότυπο χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας αυτών των νεοεμφανιζόμενων φορτίων είναι διαφορετικό από τα συμβατικά οικιακά φορτία. Η διαφορά στη μοντελοποίηση προτύπων χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει ως αποτέλεσμα τη διαφορά στη στρατηγική τιμολόγησης. Η τιμολογιακή στρατηγική του CISE λύνεται σε πρώτο επίπεδο. Στη συνέχεια, με βάση τη διατυπωμένη τιμή TOU, λύνεται ο προγραμματισμός ταξιδίου των AES στο δεύτερο επίπεδο. Υποδεικνύει ότι οι AES θα ανταποκριθούν στην τιμή του cold ironing προσαρμόζοντας τα χρονοδιαγράμματα ταξιδίου τους. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η ζήτηση ισχύος στην ξηρά των AES και αποστέλλεται στο τρίτο επίπεδο. Στο τρίτο επίπεδο, πραγματοποιείται η οικονομική αποστολή των συστημάτων ισχύος και το DLMP ενημερώνεται με βάση τη νέα ζήτηση ισχύος στην ξηρά των AES. Με βάση το μοντέλο CEF, το αποτύπωμα άνθρακα των AES παρακολουθείται και το ενσωματωμένο σε άνθρακα DLMP υπολογίζεται και αποστέλλεται πίσω στο πρώτο επίπεδο. Έτσι, σχηματίζεται μια επανάληψη και η τελική τιμή του cold ironing διευθετείται όταν επιτευχθεί η ισορροπία.

Η μοντελοποίηση αυτής της εργασίας βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές, οι οποίες είναι όλες εύλογες και σε συμφωνία με την τρέχουσα πραγματική κατάσταση :

1) Το τρέχον σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχει πραγματοποιήσει ενεργειακή μετάβαση σε δίκτυα μηδενικών εκπομπών. Επομένως, η παρακολούθηση του αποτυπώματος άνθρακα μπορεί να διεξαχθεί και έχει νόημα.

2) Το λιμάνι συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο και αποτελεί κόμβο του δικτύου διανομής. Ως εκ τούτου, το DLMP μπορεί να υπολογιστεί για τους θαλάσσιους λιμένες.

3) Οι χειριστές των AES είναι απόλυτα λογικοί ώστε να επιλέξουν την πιο ωφέλιμη απόφαση. Σημαίνει ότι με δεδομένες πληροφορίες και γνώσεις διαθέσιμες και προσβάσιμες, το άτομο λαμβάνει την καλύτερη δυνατή απόφαση με την έννοια ότι η δράση του που ακολουθεί και συμμορφώνεται με την απόφαση, θα του δώσει είτε τη

βέλτιστη ανταμοιβή με σιγουριά είτε την υψηλότερη αναμενόμενη αξία ανταμοιβής όταν αντιμετωπίζει αβεβαιότητα.

3.4 Προγραμματισμός Χρέωσης | Φόρτισης των AESs με βάση την χρονική-χωρική Δυναμική

3.4.1 Χρονική-Χωρική Δυναμική

Το σύστημα θαλάσσιων μεταφορών μπορεί να περιγραφεί ως ένα συνδεδεμένο κατευθυνόμενο γράφημα $\mathcal{G} = \{O, \Psi\}$, όπου το O είναι το σύνολο συνδέσμων και το Ψ το σύνολο κόμβων. Θεωρούμε το $O^{\mathcal{R}}$ ως το πραγματικό σύνολο συνδέσμων, το οποίο αποτελείται από τα ζεύγη προέλευσης-προορισμού (OD | Origin-Destination) του συστήματος μεταφοράς. Προκειμένου να ενσωματωθεί η συμπεριφορά φόρτισης των AESs μέσω του cold ironing στο βασικό μοντέλο χρονικής-χωρικής δυναμικής (TSD | Temporal-Spatial Dynamics), προστίθενται εικονικά τόξα για να περιγράψουν τις επιλογές φόρτισης των AES κατά τη διάρκεια της ελλιμενισμού. Θεωρούμε το $O^{\mathcal{V}}$ ως το εικονικό σύνολο συνδέσμων, και έτσι έχουμε $O = O^{\mathcal{R}} \cup O^{\mathcal{V}}$. Το πραγματικό σύνολο κόμβων $\Psi^{\mathcal{R}}$ αποτελείται από τη θέση του θαλάσσιου λιμένα. Εάν η απόσταση μεταξύ των δύο θαλάσσιων λιμένων είναι σχετικά μεγάλη, το AES δεν μπορεί να ολοκληρώσει το ταξίδι μέσα σε ένα χρονικό διάστημα. Σε αυτή την περίπτωση, δημιουργείται ένας εικονικός κόμβος $x, \forall x \in \Psi^{\mathcal{V}}$. Για το σύνολο κόμβων έχουμε $\Psi = \Psi^{\mathcal{R}} \cup \Psi^{\mathcal{V}}$.

Για να περιγραφεί η συμπεριφορά πλεύσης των AESs, καθιερώνεται το μοντέλο TSD. Για κάθε AES, μπορεί να βρίσκεται σε μία μόνο μεταφορική σύνδεση, είτε ελλιμενισμού είτε πλεύσης, που φαίνεται στην εξίσωση (1). Επιπλέον, για κάθε χρονικό-χωρικό κόμβο, το άθροισμα της τιμής στους συνδέσμους εισροής ισούται με το άθροισμα της τιμής στα τόξα εκροής. Υποδεικνύει ότι για κάθε AES, το τελικό σημείο της τελευταίας χρονικής περιόδου πρέπει να είναι το σημείο εκκίνησης της επόμενης χρονικής περιόδου, που φαίνεται στο (2),

$$\sum_{(xy)\in O^{\mathcal{R}}} \varepsilon_{xy,m,t} + \sum_{(xx)\in O^{\mathcal{V}}} \varepsilon_{xx,m,t} = 1 \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{1}$$

$$\sum_{(px)\in O} \varepsilon_{px,m,t} = \sum_{(xq)\in O} \varepsilon_{xq,m,t+1} \qquad \forall m \in \mathcal{M}, \forall x \in \Psi \tag{2}$$

όπου το $\varepsilon_{xy,m,t}$ είναι η διαδική μεταβλητή που παρουσιάζει εάν το m^{th} AES είναι στο (OD) ζεύγος (x, y) την χρονική στιγμή t. Το $\mathcal{M}$ είναι το σύνολο των AESs.

Για κάθε AES, η απόσταση πλεύσης του σε κάθε χρονικό διάστημα μπορεί να υπολογιστεί μέσω της εξίσωσης (3). Επομένως, μπορεί να ληφθεί η ταχύτητα πλεύσης, $V_{m,t}$, για κάθε AES.

$$\sum_{(xy)\in O^{\mathcal{R}}} \varepsilon_{xy,m,t} D_{xy} = V_{m,t} \Delta t \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{3}$$

Για να εξασφαλιστεί η κανονική θαλάσσια επιμελητεία, προτείνονται πρόσθετοι περιορισμοί στις μεταφορές. Η εξίσωση (4) περιορίζει το μέγιστο χρονικό διάστημα προγραμματισμού μεταξύ δύο πλεύσεων. Σημαίνει ότι τουλάχιστον ένα AES είναι προγραμματισμένο στο ζεύγος OD κάθε άλλο χρονικό διάστημα ς. Η εξίσωση (5) περιγράφει την τρέχουσα θέση των AES. Η εξίσωση (6) περιορίζει τα μέγιστα AES σε κάθε θαλάσσιο λιμάνι. Η εξίσωση (7) περιορίζει τα μέγιστα AES σε κάθε ζεύγος OD.

$$\sum_{t=\xi}^{\xi+\varsigma} \sum_{m\in\mathcal{M}} \varepsilon_{xy,m,t} \geq 1 \qquad \forall (xy) \in O^{\mathcal{R}}, \forall \xi \in [1, T], \forall m \in \mathcal{M} \tag{4}$$

$$\sum_{(xy)\in O^{\mathcal{R}}} \varepsilon_{xy,m,t} + \varepsilon_{yy,m,t} = \pi_{y,m,t} \qquad \forall y \in \Psi \forall m \in \mathcal{M} \tag{5}$$

$$\sum_{m\in\mathcal{M}} \pi_{x,m,t} \leq N_x^{PT,max} \qquad \forall x \in \Psi^{\mathcal{R}} \tag{6}$$

$$\sum_{m\in\mathcal{M}} \varepsilon_{xy,m,t} \leq N_{xy}^{RT,max} \qquad \forall (xy) \in O \tag{7}$$

όπου $\pi_{x,m,t}$ είναι οι δυαδικές μεταβλητές που υποδεικνύουν εάν το AES βρίσκεται στον x^{th} κόμβο, $N_x^{PT,max}$ έιναι ο μέγιστος αριθμός AESs στο x^{th} λιμένα, $N_{xy}^{RT,max}$ είναι ο μέγιστος αριθμός AESs στο (OD) ζεύγος xy.

3.4.2 Βελτιστοποίηση ζήτησης φόρτισης

Ο προγραμματισμός φόρτισης των AES μπορεί να λυθεί μέσω μιας διαδικασίας βελτιστοποίησης. Η αμερόληπτη συνάρτηση διατυπώνεται ως :

$$C_{min}^{AES} = \sum_t \sum_{m\in\mathcal{M}} \sum_{x\in\Psi^{\mathcal{R}}} \lambda_{x,t}^{CI} P_{m,x,t}^{AES,CI} \Delta t \tag{8}$$

Ελαχτιστοποιεί το συνολικό κόστος αγοράς ενέργειας των AESs, όπου $\lambda_{x,t}^{CI}$ είναι η τιμή της υπηρεσίας του cold ironing, $P_{m,x,t}^{AES,CI}$ είναι η ισχύς του cold ironing από το δίκτυο.

Ο προγραμματισμός φόρτισης λαμβάνει υπόψη όχι μόνο το κόστος αγοράς ενέργειας των AES, αλλά και τον προγραμματισμό του ταξιδιού για την ικανοποίηση της ζήτησης μεταφοράς. Επομένως, θα πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθοι περιορισμοί : Εξισώσεις (1) - (7)

$$P_{m,t}^{PL} = c^1(1+fs)(V_{m,t})^{c2} \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{9}$$

$$E_{m,t+1}^{AES} = E_{m,t}^{AES} + P_{m,t}^{AES,CH}\eta^{CH}\Delta t - P_{m,t}^{AES,DS}\frac{\Delta t}{\eta^{DS}} \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{10}$$

$$\sum_x P_{m,x,t}^{AES,CI} + P_{m,t}^{AES,DS} + P_{m,t}^{AES,PV} + P_{m,t}^{AES,G} - P_{m,t}^{AES,CH} = P_{m,t}^{PL} + P_{m,t}^{SV} \quad \forall m \in \mathcal{M} \tag{11}$$

$$0 \leq P_{m,x,t}^{AES,CI} \leq P_{m,x}^{AES,CI,max}\varepsilon_{xx,m,t} \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{12}$$

$$E_m^{AES,min} \leq E_{m,t}^{AES} \leq E_m^{AES,max} \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{13}$$

$$0 \leq P_{m,t}^{AES,CH} \leq P_{m,t}^{AES,max} \quad , \quad 0 \leq P_{m,t}^{AES,DS} \leq P_{m,t}^{AES,max} \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{14}$$

$$0 \leq P_{m,t}^{AES,G} \leq P^{AES,G,max} \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{15}$$

$$P_{m,t}^{AES,G} \leq \gamma(P_{m,t}^{PL} + P_{m,t}^{SV}) \qquad \forall m \in \mathcal{M} \tag{16}$$

όπου $P_{m,t}^{PL}$ είναι το φορτίο πρόωσης των AESs, fs είναι ο συντελεστής αντίστασης του ζεύγους OD που επηρεάζεται από την κλίμακα Beaufort, $E_{m,t}^{AES}$ είναι η κατάσταση αποθήκευσης ενέργειας των AESs, $P_{m,t}^{AES,CH}$ έιναι η ισχύς φόρτισης των AESs, $P_{m,t}^{AES,DS}$ έιναι η ισχύς εκφόρτισης των AESs,η^{CH} και η^{DH} είναι η αποτελεσματικότητα φόρτισης και εκφόρτισης, $P_{m,t}^{AES,PV}$ είναι η απόδοση των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών στα AES, $P_{m,t}^{AES,G}$ είναι η απόδοση των εγκατεστημένων γεννητριών ντίζελ στα AESs, $P_{m,t}^{SV}$ είναι το φορτίο service των AESs, $P_{m,x}^{AES,CI,max}$ είναι η μέγιστη ισχύς στην ξηρά μέσω cold ironing, $E_{m}^{AES,min}$ και $E_{m}^{AES,max}$ είναι η ελάχιστη και μέγιστη κατάσταση αποθήκευσης ενέργειας των AESs, $P_{m,t}^{AES,max}$ είναι η μέγιστη ισχύς φόρτισης|εκφόρτισης των AESs, $P^{AES,G,max}$ είναι η μέγιστη ισχύς των γεννητριών ντίζελ, γ είναι ο επί του σκάφους παράγοντας περιορισμού ντίζελ.

Η εξίσωση (9) υπολογίζει το φορτίο πρόωσης των AESs. Η εξίσωση (10) είναι το ισοζύγιο αποθήκευσης ενέργειας των AESs. Η εξίσωση (11) είναι ο περιορισμός του ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης ενέργειας των AESs. Οι εξισώσεις (12)-(15) είναι τα ανοδικά και καθοδικά όρια της ισχύος της ξηρά μέσω του cold ironing, της κατάστασης αποθήκευσης ενέργειας των AES, της ισχύος φόρτισης/εκφόρτισης των AESs και της παραγωγής των γεννητριών ντίζελ. Η εξίσωση (16) είναι ο περιορισμός ντίζελ επί του σκάφους.

3.5 Μοντελοποίηση Συστήματος Ισχύος και Κατανομή Τοπικής Οριακής Τιμής

3.5.1 Μοντελοποίηση Συστήματος Διανομής

Σε αυτό το έγγραφο, το CISE(cold ironing serving entity) πουλά ηλεκτρική ενέργεια στα AESs και αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο κοινής ωφέλειας στη εκκαθάριση αγοράς DLMP(distribution locational marginal pricing). Επομένως, ο διαχειριστής συστήματος διανομής (DSO) βελτιστοποιεί την ενέργεια από τους υποσταθμούς, την παραγωγή των τοπικών γεννητριών και την επίσπευση του σταθερού συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (SESS) για να ικανοποιήσει τη ζήτηση των συμβατικών νοικοκυριών και των AES μεγιστοποιώντας τη συνολική κοινωνική ευημερία. Υποτίθεται ότι ένας θαλάσσιος λιμένας είναι τοποθετημένος σε ένα δίκτυο διανομής. Για κάθε δίκτυο διανομής, η αντικειμενική | αμερόληπτη συνάρτηση για την εκκαθάριση της αγοράς μπορεί να εκφραστεί ως (17).

$$F_{max} = \sum_{t} U(P_{i,t}^{L}, P_{m,i,t}^{AES,CI}, P_{i,t}^{LC}) - C(P_{i,t}^{ST}, P_{i,t}^{G}, P_{i,t}^{SESS,DS}) \tag{17}$$

όπου $U(\cdot)$ είναι η συνάρτηση χρησιμότητας των πελατών, $C(\cdot)$ είναι η συνάρτηση του κόστους του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνάρτηση χρησιμότητας των πελατών μπορεί να εκφραστεί ως :

$$U(P_{i,t}^{L}, P_{m,i,t}^{AES,CI}, P_{i,t}^{LC}) = \sum_{t}\sum_{i\in\Omega} k \cdot ln(1 + P_{i,t}^{L} + \sum_{m\in\mathcal{M}} P_{m,i,t}^{AES,CI} - P_{i,t}^{LC}) \tag{18}$$

όπου $P_{i,t}^{L}$ είναι η συμβατική οικιακή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, $P_{m,i,t}^{AES,CI}$ είναι η ισχύς στην ξηρά μέσω cold ironing, $P_{i,t}^{LC}$ είναι η μείωση του φορτίου, k είναι ο συντελεστής χρησιμότητας της συνάρτησης χρησιμότητας, καιΩ είναι το σύνολο του ηλεκτρικού διαύλου.

Η συνάρτηση κόστους του δικτύου, η οποία περιλαμβάνει το κόστος αγοράς ενέργειας από τους υποσταθμούς, το κόστος καυσίμου των μικροθερμικών γεννητριών και το κόστος

υποβάθμισης της μπαταρίας του SESS, μπορεί να εκφραστεί ως :

$$C(P_{g,t}^{ST}, P_{g,t}^{G}, P_{g,t}^{SESS,DS}) = \sum_{t} \sum_{g \in \Omega^{ST}} (\lambda_{g,t}^{LMP} \cdot P_{g,t}^{ST}) + \sum_{t} \sum_{g \in \Omega^{TG}} (a_g (P_{g,t}^{G})^2 + b_g (P_{g,t}^{G}) + c_g) + \sum_{t} \sum_{g \in \Omega^{SESS}} \kappa_g^{BD} \times P_{g,t}^{SESS,DS} \tag{19}$$

όπου, $P_{g,t}^{ST}$ είναι η ισχύς του υποσταθμού, $P_{g,t}^{G}$ είναι η ισχύς από τις θερμικές γεννήτριες, $P_{g,t}^{SESS,DS}$ είναι η ισχύς εκφόρτισης του SESS, $\lambda_{g,t}^{LMP}$ είναι το σύστημα LMP που τροφοδοτεί το σύστημα διανομής, a_g,b_g, και c_g είναι οι συντελεστές κόστους της θερμικής γεννήτριας, κ_g^{BD} είναι ο συντελεστής κόστους του κόστους υποβάθμισης της μπαταρίας, Ω^{ST}είναι το σύνολο των υποσταθμών, Ω^{TG} είναι το σύνολο των θερμογεννητριών και το Ω^{SESS} είναι το σύνολο των SESS.

$$P_{ji,t}^{B} - \sum_{k} P_{ik,t}^{B} = -P_{i,t}^{inj} + r_{ji} \frac{(P_{ji,t}^{B})^2 + (Q_{ji,t}^{B})^2}{U_i^2} \qquad \forall i, j, k \in \Omega \tag{20}$$

$$Q_{ji,t}^{B} - \sum_{k} Q_{ik,t}^{B} = -Q_{i,t}^{inj} + r_{ji} \frac{(P_{ji,t}^{B})^2 + (Q_{ji,t}^{B})^2}{U_i^2} \qquad \forall i, j, k \in \Omega \tag{21}$$

$$U_j^2 - U_i^2 = -2(r_{ji} P_{ji,t}^{B} + x_{ji} Q_{ji,t}^{B}) - (r_{ji}^2 + x_{ji}^2) \frac{(P_{ji,t}^{B})^2 + (Q_{ji,t}^{B})^2}{U_j^2} \qquad \forall i, j \in \Omega \tag{22}$$

$$U_i^{min} \leq U_i \leq U_i^{max} \qquad \forall i \in \Omega \tag{23}$$

$$P_{g,t}^{inj} = P_{g,t}^{ST} + P_{g,t}^{G} + P_{g,t}^{SESS,DS} - P_{g,t}^{SESS,CH} \qquad \forall g \in \Omega^{G}, \omega_{g,t} \tag{24}$$

$$P_{i,t}^{inj} = -P_{i,t}^{L} - \sum_{m \in \mathcal{M}} P_{m,i,t}^{AES,CI} + P_{i,t}^{LC} \qquad \forall i \in \Omega^{D}, \rho_{i,t} \tag{25}$$

$$-P_{ij}^{B,max} \leq P_{ij,t}^{B} \leq P_{ij}^{B,max} \tag{26}$$

$$-Q_{ij}^{B,max} \leq Q_{ij,t}^{B} \leq Q_{ij}^{B,max} \tag{27}$$

$$0 \leq P_{g,t}^{G} \leq P_{g}^{G,max} \qquad \forall i \in \Omega^{G}, \mu_{g,t}^{G+}, \mu_{g,t}^{G,-} \tag{28}$$

$$0 \leq P_{i,t}^{LC} \leq P_{i}^{LC,max} \qquad \forall i \in \Omega^{D} \tag{29}$$

$$E_{g,t+1}^{SESS,DS} = E_{g,t}^{SESS} + P_{g,t}^{SESS,CH} \eta^{CH} \Delta t - P_{g,t}^{SESS,DS} \frac{\Delta t}{\eta^{DS}} \qquad \forall g \in \Omega^{SESS}, \sigma_{g,t} \tag{30}$$

$$E_{g}^{SESS,min} \leq E_{g,t}^{SESS} \leq E_{g}^{SESS,max} \qquad \forall g \in \Omega^{SESS} \tag{31}$$

$$\begin{aligned} 0 \leq P_{g,t}^{SESS,CH} &\leq P_{g}^{SESS,max} \\ 0 \leq P_{g,t}^{SESS,DS} &\leq P_{g}^{SESS,max} \\ \forall g \in \Omega^{SESS}, \mu_{g,t}^{S+}, \mu_{g,t}^{B,-} & \end{aligned} \tag{32}$$

όπου, $P_{i,t}^{inj}$είναι η έγχυση ισχύος στους διαύλους, $LSF_{l,i}$ είναι ο συντελεστής διανομής μεταφοράς ισχύος (PDTF), $P_{l}^{B,max}$ είναι η μέγιστη χωρητικότητα των τροφοδοτικών, $P_{g,t}^{SESS,CH}$είναι η ισχύς φόρτισης του SESS, $P_{g}^{G,max}$είναι η χωρητικότητα των θερμικών γεννητριών, $P_{i}^{LC,max}$είναι η μέγιστη μείωση φορτίου, $E_{g,t}^{SESS}$είναι η κατάσταση αποθήκευσης ενέργειας του SESS, $E_{g}^{SESS,min}$ και $E_{g}^{SESS,max}$ είναι η ελάχιστη και μέγιστη κατάσταση αποθήκευσης ενέργειας του SESS, $P_{g}^{SESS,max}$ είναι η μέγιστη ισχύς φόρτισης/εκφόρτισης του SESS, Ω^{G}είναι το σύνολο των διαύλων παραγωγής, Ω^{D}είναι το σύνολο των διαύλων ζήτησης.

Οι εξισώσεις (20)-(22) είναι οι εξισώσεις DisFlow που χρησιμοποιούνται ευρέως στο σύστημα διανομής. Η εξίσωση (23) είναι οι περιορισμοί τάσης. Η εξίσωση (24) είναι ο περιορισμός έγχυσης ισχύος για τον κόμβο παραγωγής. Η εξίσωση (25) είναι ο περιορισμός έγχυσης ισχύος για τον κόμβο ζήτησης. Η έγχυση αντιδραστικής ισχύος ισχύος είναι παρόμοια με τις εξισώσεις (24)-(25) χωρίς την παραγωγή ισχύος των κατανεμημένων γεννητριών και το φορτίο AES. Οι εξισώσεις (26), (27) είναι περιορισμοί χωρητικότητας των τροφοδοτικών. Η εξίσωση (28) είναι ο περιορισμός χωρητικότητας των θερμικών γεννητριών στο σύστημα διανομής. Η εξίσωση (29) είναι ο περιορισμός της περικοπής φορτίου. Οι εξισώσεις (30)-(32) είναι οι περιορισμοί για το SESS στο σύστημα διανομής.

3.5.2 Κατανομή Τοπικής Οριακής Τιμής

Στη συνέχεια, με βάση το DistFlow, προκύπτει περαιτέρω το DLMP(Distribution Locational Marginal Price). Σημειωτέον, η γραμμική τεχνολογία εξακολουθεί να προτείνεται για εφαρμογή κατά την εξαγωγή του DLMP. Το γραμμικό μοντέλο DistFlow μπορεί να παρουσιαστεί ως (33)-(35). Η ακρίβεια αυτού του γραμμικοποιημένου DistFlow έχει επαληθευτεί σε άλλες αναφορές, και διαπιστώθηκε ότι η απόκλιση μεταξύ του γραμμικοποιημένου DistFlow και του τυπικού DistFlow είναι μικρή.

$$P^B_{ji,t} - \sum_k P^B_{ik,t} = -P^{inj}_{i,t} \qquad \forall i,j,k \in \Omega, \xi_{i,t} \tag{33}$$

$$Q^B_{ji,t} - \sum_k Q^B_{ik,t} = -Q^{inj}_{i,t} \qquad \forall i,j,k \in \Omega \tag{34}$$

$$V_j - V_i = r_{ji} P^B_{ji,t} + x_{ji} Q^B_{ji,t} \qquad \forall i,j \in \Omega \tag{35}$$

Στη συνέχεια, το DLMP προκύπτει με βάση το γραμμικό DistFLow. Το DLMP μπορεί να λυθεί με βάση τις συνθήκες βελτιστοποίησης Karush–Kuhn–Tucker (KKT) για το πρόβλημα βελτιστοποίησης της κοινωνικής ευημερίας. Οι εξισώσεις (36)-(38) είναι οι συνθήκες KKT που παρέχουν κίνητρα τιμών στους συμμετέχοντες στην αγορά για να μετριάσουν τη συμφόρηση και να εξασφαλίσουν αποτελεσματική κατανομή φορτίου.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P^{inj}_{i,t}} = \xi_{i,t} + \rho_{i,t} = 0 \tag{36}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P^{inj}_{g,t}} = \xi_{i,t} + \omega_{i,t} = 0 \tag{37}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P^{ST/G/SESS,DS}_{g,t}} = -\lambda^{LMP}_{g,t} - 2a_g P^G_{g,t} - b_g - \kappa^{BD}_g - (\mu^{G+}_{g,t} - \mu^{G-}_{g,t}) - (\mu^{S+}_{g,t} - \mu^{S-}_{g,t}) + \sigma_{g,t}\eta^{CH} - \omega_{g,t} = 0 \tag{38}$$

όπου $\mathcal{L}$ είναι η συνάρτηση Lagrange της κοινωνικής ευημερίας, $\xi_{i,t}$, $\rho_{i,t}$, $\omega_{g,t}$,$\mu^{G+}_{g,t}$, $\mu^{G-}_{g,t}$, $\mu^{S+}_{g,t}$, $\mu^{S-}_{g,t}$, $\sigma_{g,t}$ είναι οι διπλές μεταβλητές.

Σημείωση :

$$\phi_{g,t} = -2a_g P^G_{g,t} - b_g - \kappa^{BD}_g - (\mu^{G+}_{g,t} - \mu^{G-}_{g,t}) - (\mu^{S+}_{g,t} - \mu^{S-}_{g,t}) + \sigma_{g,t}\eta^{CH} \tag{39}$$

Με την επίλυση (36)–(38), η οριακή τιμή μιας μονάδας (AES) φόρτισης ενέργειας ή συμβατική ζήτηση σε χρονική περίοδο στο i^{th} δίαυλο μπορεί να εξαχθεί ως :

$$\rho_{i,t} = \phi_{g,t} - \lambda^{LMP}_{g,t} \tag{40}$$

Παίρνονταςμερική παραγωγή της συνάρτησης Lagrange προς την ζήτηση του AES, που φαίνεται στο (41).

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{m,i,t}^{AES,CI}} = k\frac{1}{(1+P_{i,t}^{L}+\sum_{m\in\mathcal{M}} P_{m,i,t}^{AES,CI}-P_{i,t}^{LC})}+\rho_{i,t}=0 \tag{41}$$

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις (40) - (41), το DLMP για την χερσαία ισχύ των AES μπορεί να προκύψει ως:

$$\lambda_{i,t}^{DLMP} = k\frac{1}{(1+P_{i,t}^{L}+\sum_{m\in\mathcal{M}} P_{m,i,t}^{AES,CI}-P_{i,t}^{LC})}+\phi_{g,t}-\lambda_{g,t}^{LMP} \tag{42}$$

3.6 Ολοκληρωμένη Στρατηγική Τιμολόγησης Άνθρακα σε υπηρεσίες Cold Ironing

3.6.1 Ανίχνευση Άνθρακα και Ενσωματωμένο σε Άνθρακα DLMP

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν και οι εκπομπές παράγονται φυσικά από την καύση ορυκτών καυσίμων στις γεννήτριες ενέργειας, οι τελικοί χρήστες είναι ο υποκείμενος μοχλός των εκπομπών. Επομένως, οι εκπομπές άνθρακα που παράγονται από την πλευρά της παραγωγής θα πρέπει να προσδιορίζονται από την πλευρά της ζήτησης. Σε αυτό το πλαίσιο, εισάγεται ένας μηχανισμός διπλής φορολόγησης του άνθρακα όπου οι εκπομπές άνθρακα φορολογούνται τόσο σε επίπεδο προσφοράς όσο και σε επίπεδο κατανάλωσης. Όπως η υφιστάμενη διπλή φορολογία στην οικονομική θεωρία, η διπλή φορολόγηση των εκπομπών άνθρακα αποδεικνύει οπωσδήποτε την ευθύνη των εκπομπών. Για παράδειγμα, υπάρχουν πολλά ελαφρά βιομηχανικά προϊόντα που παράγονται σε αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά η πλειοψηφία τους εξάγονται και καταναλώνονται σε ανεπτυγμένες χώρες. Είναι πάντα μια μεγάλη συζήτηση σχετικά με το ποια χώρα πρέπει πραγματικά να πληρώσει για το κόστος του άνθρακα. Η «παρατηρούμενη» εκπομπή εμφανίζεται στις αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η ζήτηση των ανεπτυγμένων χωρών είναι η αρχική αιτία της εκπομπής και η «εικονική» εκπομπή δεν πρέπει να αγνοηθεί. Συνολικά, αυτή η φιλοσοφία ισχύει για τον τομέα της ενέργειας. Η αλυσίδα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής του ενεργειακού τομέα είναι τόσο μεγάλη που τα κίνητρα που βασίζονται στην παραγωγή ενδέχεται να μην παρέχονται ξεκάθαρα στους καταναλωτές. Ως εκ τούτου, η τιμολόγηση των εκπομπών άνθρακα από τη παραγωγή στους τελικούς χρήστες, προκειμένου να παρέχονται τα σωστά κίνητρα μεταξύ πολλών τομέων, γίνεται ουσιαστικό πρόβλημα. Έτσι, τα φορτία μπορούν να χρεωθούν σύμφωνα με τις ευθύνες εκπομπών άνθρακα.

Προσεγγίζουμε το αποτύπωμα άνθρακα των AES με βάση το μοντέλο CEF . Για την παρακολούθηση του αποτυπώματος άνθρακα σύμφωνα με τη ροή ισχύος από την πλευρά της παραγωγής στην πλευρά της ζήτησης και, ως εκ τούτου, η εκπομπή άνθρακα στην πλευρά του καταναλωτή μπορεί να κατανεμηθεί. Η κομβική ένταση άνθρακα μπορεί να υπολογιστεί ως :

$$e_i^N = \frac{\sum_{l\in L_i^+} P_l^B \rho_l^B + P_i^G e_i^G}{\sum_{l\in L_i^+} P_l^B + P_i^G} \qquad \forall i \in \Omega \tag{43}$$

όπου P_l^B είναι η ροή ενέργειας, e_i^N είναι η κομβική ένταση άνθρακα, ρ_l είναι η ένταση άνθρακα του κλάδου, e_i^G είναι η ένταση εκπομπής θερμικών γεννητριών/υποσταθμών, L_i^+ είναι το σύνολο των διακλαδώσεων που συνδέονται με το δίαυλο i. Να σημειωθεί ότι η ένταση εκπομπής των υποσταθμών κατανέμεται από τα συστήματα μεταφοράς.

Ωστόσο, το συμβατικό μοντέλο CEF δεν λαμβάνει υπόψη το BESS στα συστήματα ισχύος. Κάναμε μια προσαρμογή στο μοντέλο CEF για να ενσωματώσουμε το SESS(Στατικό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας) στο σύστημα, καθώς είναι ευρέως αποδεκτό ότι το SESS έχει μια ποικιλία εφαρμογών(π.χ. εξομάλυνση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) και θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μελλοντικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Πρώτον, προτείνουμε μια κομβική εξίσωση εξέλιξης της ένταση του άνθρακα για το SESS που εμφανίζεται ως εξίσωση (44). Το SESS έχει τρεις καταστάσεις λειτουργίας, δηλαδή φόρτιση, εκφόρτιση και αδράνεια. Όταν το SESS βρίσκεται σε κατάσταση αδράνειας, η ένταση άνθρακα του SESS δεν θα αλλάξει. Όταν το SESS φορτίζει, μπορεί να θεωρηθεί ως φορτίο και απορροφά την ενέργεια από το δίκτυο. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η ένταση άνθρακα του SESS θα επηρεαστεί από την ένταση άνθρακα της απορροφούμενης ενέργειας. Όταν το SESS εκφορτίζεται, μπορεί να θεωρηθεί ως γεννήτρια και η ένταση του άνθρακα δεν θα αλλάξει.

$$e_{i,t+1}^{SESS} = \frac{e_{i,t}^{SESS} \cdot E_{i,t}^{SESS} + e_{i,t}^{N} P_{i,t}^{SESS,CH} \Delta t}{E_{i,t}^{SESS} + P_{i,t}^{SESS,CH} \Delta t} \qquad \forall i \in \Omega \tag{44}$$

όπου $e_{i,t}^{SESS}$ είναι η ένταση του άνθρακα του SESS.

Στη συνέχεια, το μοντέλο CEF μπορεί να αναδιατυπωθεί ως (45) και (46).

$$e_{i,t}^{N} = \frac{P_{i,t}^{G} e_{i}^{G} + P_{i,t}^{SESS,DS} e_{i,t}^{SESS} + \sum_{l \in L_i^+} |P_{l,t}^{B} \rho_{l}^{B}|}{P_{i,t}^{G} + \sum_{r \in \Omega^{RNW}} P_{r,i,t}^{RNW} + P_{i,t}^{SESS,DS} + \sum_{l \in L_i^+} |P_{l,t}^{B}|} \qquad \forall i \in \Omega \tag{45}$$

όπου Ω^{RNW} είναι το σύνολο των τύπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, $P_{r,i,t}^{RNW}$ είναι η παραγωγή του r^{th} τύπου ανανεώσιμης ενέργειας.

$$p_{ij,t}^{B} = \begin{cases} e_{i,t}^{N}, P_{ij,t}^{B} \geq 0 \\ e_{j,t}^{N}, P_{ij,t}^{B} < 0 \end{cases} \quad \forall i, j \in \Omega \tag{46}$$

Συνδυάζοντας το DLMP και την ένταση του άνθρακα που λαμβάνεται από το μοντέλο CEF [34], το ενσωματωμένο σε άνθρακα DLMP μπορεί να προκύψει ως :

$$\lambda_{i,t}^{DLMP,CB} = \lambda_{i,t}^{DLMP} + \chi_t e_{i,t}^{N} \qquad \forall i \in \Omega \tag{47}$$

όπου το χ_t είναι ο φόρος του άνθρακα.

3.6.2 Ολοκληρωμένη στρατηγική τιμολόγησης άνθρακα

Σε αυτό το έγγραφο, το CISE θα διαμορφώσει μια στρατηγική τιμολόγησης για τις υπηρεσίες cold ironing με βάση το ενσωματωμένο σε άνθρακα DLMP. Με την ανάπτυξη της ψηφιοποίησης και των τεχνολογιών επικοινωνίας, μπορούν να δημιουργηθούν δυναμικές συνδέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών μετόχων/ενδιαφερομένων μέσω δικτύων επικοινωνίας τόσο σε φυσικά όσο και σε εικονικά συστήματα όπου μπορούν να αναμένονται έγκαιρες απαντήσεις. Με άλλα λόγια, οι σύγχρονες τεχνολογίες επιτρέπουν στα AESs να ανταποκρίνονται ενεργά στη δυναμική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, είναι εφικτό για τα AES να βελτιστοποιήσουν τον προγραμματισμό του ταξιδιού με βάση το ενσωματωμένο άνθρακα DLMP. Στις αναφορές, αρκετές εργασίες επεσήμαναν ότι ο προγραμματισμός της ταχύτητας ταξιδιού και πλεύσης των AES θα επηρεαστεί από τις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως και στο σύστημα φόρτισης EV, ο σταθμός γρήγορης φόρτισης χρησιμοποιεί την τιμή φόρτισης για να επηρεάσει την επιλογή φόρτισης των EV. Εξάλλου, αυτό το έγγραφο έχει

πρακτική σημασία για εκείνες τις χώρες που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στα λιμάνια, όπως η Σιγκαπούρη. Σε αυτές τις θαλάσσιες χώρες, ο συχνός προγραμματισμός ταξιδιών των AES προκαλεί υψηλή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να διαμορφωθεί μια σωστή στρατηγική τιμολόγησης για να καθοδηγήσει τη χρονική-χωρική μετατόπιση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των AES, και τα AES έχουν επίσης το κίνητρο να ανταποκριθούν στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας για να μειώσουν το κόστος χρέωσης.

Το CISE αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο κοινής ωφέλειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και την πουλά στα AESs. Ως εκ τούτου, η αντικειμενική λειτουργία/σκοπός του CISE είναι να μεγιστοποιήσει το κέρδος από την παροχή υπηρεσιών cold ironing, όπως φαίνεται στο (48).

$$\Pi_{max}^{CISE} - \beta CVaR(\Pi^{CISE}) = \sum_{t} \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{i \in \mathcal{S}} (\lambda_{i,t}^{CI} - \lambda_{i,t}^{DLMP,CB}) P_{m,i,t}^{AES,CI} - \beta CVaR(\Pi^{CISE}) \quad (48)$$

όπου $\lambda_{i,t}^{CI}$ είναι η τιμή υπηρεσίας του cold ironing, Π^{CISE} είναι το κέρδος του φορέα παροχής υπηρεσιών cold ironing, $CVaR$ είναι η υποθετική τιμή του VAR(Value At Risk), $\mathcal{S}$ είναι το σύνολο των θαλάσσιων λιμανιών.

$$CVaR(\Pi^{CISE}) = VaR + \frac{1}{1-\alpha} \mathbb{E}[max(-\Pi^{LSE} - Var, 0)] \quad (49)$$

όπου α είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης, VaR είναι η αντίστοιχη τιμή VAR.

Σε αυτό το έγγραφο, διαμορφώνεται μια τιμή TOU(Time Of Use) από τον φορέα εξυπηρέτησης cold ironing. Το επίπεδο τιμών και η δομή των τιμών βελτιστοποιούνται από κοινού σε αυτό το έγγραφο. Επομένως, οι περιορισμοί (50)-(52) θα πρέπει να ικανοποιούνται.

$$\sum_{b=1}^{N^{pb}} \tau_{i,b,t} = 1 \qquad \forall i \in \mathcal{S} \quad (50)$$

$$|\tau_{i,b,1} - \tau_{i,b,T}| + \sum_{t=2}^{T} |\tau_{i,b,t} - \tau_{i,b,t-1}| = 2 \qquad \forall i \in \mathcal{S}, \forall b \in \mathcal{B} \quad (51)$$

$$\lambda_{i,t}^{CI} = \sum_{b}^{N^{PB}} (\lambda_{i,b}^{CI} \tau_{i,b,t}) \qquad \forall i \in \mathcal{S} \quad (52)$$

όπου $\tau_{i,b,t}$ είναι μια δυαδική μεταβλητή που υποδεικνύει την κάλυψη του b^{th} μπλοκ τιμής, $\mathcal{B}$ είναι το σύνολο των μπλοκ τιμών. Εάν το t^{th} χρονικό διάστημα καλύπτεται από το b^{th} μπλοκ τιμής για το i^{th} θαλάσσιο λιμάνι, $\tau_{i,b,t}$ ισούται με 1, διαφορετικά ισούται με 0.

Η εξίσωση (50) σημαίνει ότι κάθε χρονικό διάστημα μπορεί να καλυφθεί μόνο από ένα μπλοκ τιμής. Η εξίσωση (51) σημαίνει ότι μόνο διαδοχικά χρονικά διαστήματα μπορούν να αντιστοιχιστούν στο ίδιο μπλοκ τιμής.

Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι περιορισμοί τιμολόγησης :

$$0 \leq \lambda_{i,t}^{CI} \leq^{CI,max} \qquad \forall i \in \mathcal{S} \quad (53)$$

$$\frac{\sum_{t} \sum_{i \in \mathcal{S}} \lambda_{i,t}^{CI}}{T} = C \quad (54)$$

όπου $\lambda^{CI,max}$ είναι το ανώτατο όριο τιμολόγησης, C είναι η μέση τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά. Το παρόν μοντέλο θα χρειαστεί περαιτέρω μελέτη και ανάλυση και αφήνεται στον αναγνώστη για βελτίωση και εφαρμογή του σε πραγματική δεδομένα.

4 Μελέτη σκοπιμότητας και ανάλυση κόστους οφέλους για εγκατάσταση τροφοδοσίας στην ξηρά

Λιμένας της Σούδας Χανίων

Ας δούμε στην πράξη τα όσα έχουμε προαναφέρει. Θα εξετάσουμε τη δυνατότητα εγκατάστασης Cold Ironing στο λιμάνι των Χανίων, τη Σούδα, από άποψη κόστους-οφέλους. Ο στόχος της χρήσης του Cold Ironing είναι η βελτίωση της ποιότητας του αέρα σε ένα λιμάνι και στην πόλη κοντά στην περιοχή του λιμανιού, με τη μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων όπως NOx και SOx. Αυτό επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση της ενσωματωμένης παραγόμενης ισχύος από βοηθητικούς κινητήρες ντίζελ με καθαρή ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από σύνδεση στην ξηρά. Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η τεχνική μελέτη της εγκατάστασης καθώς και η οικονομική και περιβαλλοντική της αξιολόγηση. Η πράσινη πτυχή του έργου καθορίζεται από την ανάπτυξη ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ως εναλλακτικού τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την εφαρμογή Cold Ironing. Τέλος, η βιωσιμότητα της συνολικής επένδυσης προσδιορίζεται με υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας, ενώ παράλληλα λαμβάνονται υπόψη τα περιβαλλοντικά οφέλη για το λιμάνι της Σούδας.

4.1 Cold Ironing

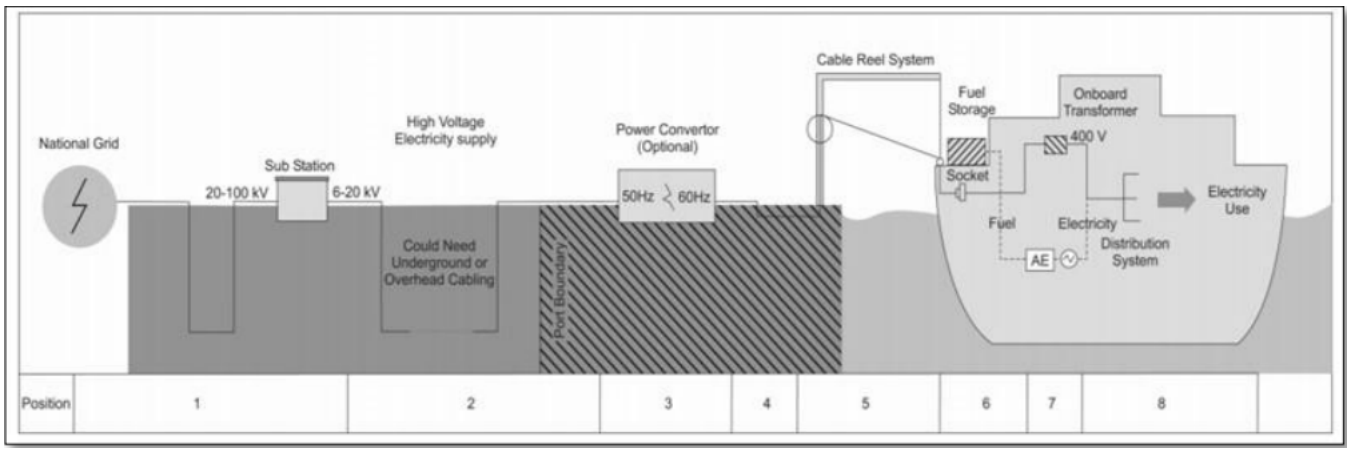
4.1.1 Γενικές Πληροφορίες

Το Cold Ironing or Alternative Marine Power (AMP) θεωρείται ένα μέτρο για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στα λιμάνια και στην πόλη κοντά στην περιοχή του λιμανιού, με τη μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων. Αυτό επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση της ενσωματωμένης παραγόμενης ισχύος από βοηθητικούς κινητήρες ντίζελ με καθαρή ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από σύνδεση στην ξηρά. Αυτή η εφαρμογή απαιτεί χερσαίες εγκαταστάσεις για την παροχή ενέργειας και τον αντίστοιχο εξοπλισμό επί του σκάφους, ώστε να μπορούν να λαμβάνουν την ενέργεια. Όταν τα πλοία φορτώνονται ή εκφορτώνονται σε λιμάνι, παρέχεται εναλλακτική θαλάσσια ισχύς σε αυτά με τη βοήθεια καλωδίων τροφοδοσίας που είναι συνδεδεμένα σε μια πλακέτα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στο λιμάνι στο ένα άκρο και στην πλακέτα τροφοδοσίας του πλοίου από την άλλη.

Η διαδικασία οδηγεί όχι μόνο στη διατήρηση του θαλάσσιου οικοσυστήματος, αλλά συμβάλλει επίσης στη μικρότερη χρήση του ντίζελ και άλλων ελαιωδών υλικών τροφοδοσίας. Η ισχύς που προέρχεται από την ακτή μπορεί να προέρχεται από μια χωριστή μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή από το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί την πόλη ή την πόλη του λιμανιού. Το AMP παρέχει ισχύ για φώτα, ψυγεία, κλιματιστικά και άλλο εξοπλισμό σε ένα πλοίο.

4.1.2 Διαμόρφωση συστήματος Cold Ironing που προτείνεται από την ΕΕ

Επί του παρόντος δεν υπάρχουν υπάρχοντα πρότυπα για την ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά, αλλά ένα σχηματικό διάγραμμα που περιγράφει τις τυπικές τεχνικές απαιτήσεις και στοιχεία φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Επισκόπηση της σύνδεσης CI σύμφωνα με τη σύσταση της ΕΕ

Τα στοιχεία που απαιτούνται παρουσιάζονται στο πιο πάνω σχήμα όπως είναι αριθμημένα :

1) Απαιτείται σύνδεση με το εθνικό δίκτυο, μεταφέροντας ηλεκτρική ενέργεια 20-100 kV από τοπικό υποσταθμό όπου μετατρέπεται σε 6-20 kV.

2) Στη συνέχεια, απαιτούνται καλώδια για την παράδοση της ισχύος 6-20 kV από τον υποσταθμό στο τερματικό του λιμένας.

3) Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να απαιτεί μετατροπή ισχύος από το πρότυπο δικτύου των 50 Hz σε 60 Hz, ανάλογα με το αν το πλοίο λειτουργεί στα 50 Hz ή στα 60 Hz.

4) Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στο τερματικό. Τα καλώδια πρέπει να εγκατασταθούν υπόγεια μέσα σε υπάρχοντες αγωγούς διαφορετικά μπορεί να απαιτηθεί νέα διοχέτευση.

5) Για την αποφυγή διαχείρισης καλωδίων υψηλής τάσης, προτείνεται ένα σύστημα με καρούλι καλωδίου. Ένας πύργος με καρούλι καλωδίου θα μπορούσε να χτιστεί στο αγκυροβολίο που θα στηρίζει ένα καρούλι καλωδίου, μια λαβή και ένα πλαίσιο. Η λαβή και το πλαίσιο θα χρησιμοποιηθούν για την ανύψωση και το κατέβασμα των καλωδίων στο σκάφος. Το καρούλι του καλωδίου και το πλαίσιο θα τροφοδοτούνται και ελέγχονται ηλεκτρομηχανικά.

6) Στο σκάφος χρειάζεται μια υποδοχή για το καλώδιο σύνδεσης.

7) Στη συνέχεια, το πλοίο πρέπει να μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια υψηλής τάσης σε 400 V για να χρησιμοποιηθεί στο πλοίο. Αυτός ο μετασχηματιστής βρίσκεται κατά προτίμηση κοντά στην πλακέτα του κύριου διακόπτη στο μηχανοστάσιο.

8) Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στο πλοίο και οι βοηθητικές μηχανές σβήνουν

4.1.3 Εξοπλισμός απο την πλευρά του Λιμένα

- **Μετατροπέας συχνότητας**
  Τα πλοία μπορούν να λειτουργούν σε συχνότητες 50 ή 60 Hz. Στη δεύτερη περίπτωση, χρειάζεται εξοπλισμός μετατροπής συχνότητας. Πιο συγκεκριμένα, απαιτείται μετατροπέας συχνότητας στην ξηρά, με τον οποίο το εθνικό δίκτυο μετατρέπεται από 50 Hz σε 60 Hz, ανάλογα με τις απαιτήσεις του πλοίου.

- **Μετασχηματιστής**
  Τα περισσότερα πλοία λειτουργούν με τριφασικό στα 6,6 kV ή 11 kV. Έτσι, απαιτείται ένας μετασχηματιστής για να μειώσει την τάση του εθνικού δικτύου (20 kV). Συνήθως, η τάση των 6,6 kV προτιμάται για τη μείωση του μεγέθους και της ποσότητας των χάλκινων καλωδίων που πρόκειται να εγκατασταθούν, επειδή αυτά τα είδη καλωδίων είναι πιο ακριβά και πιο δύσκολα στη διαχείριση. Η χωρητικότητα του μετασχηματιστή πρέπει να εξετάζει προσεκτικά τις τρέχουσες και μελλοντικές απαιτήσεις των πλοίων. Για παράδειγμα, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων χρειάζονται σημαντικό μέρος του φορτίου.

- **Διακόπτης**
  Μεταξύ της εξόδου του μετασχηματιστή και των καλωδίων που οδηγούν στην όψη της βάσης απαιτείται μια κυψέλη διακοπτών. Ο διακόπτης είναι ένας μηχανισμός που συνδυάζει ηλεκτρικούς διακόπτες και σημεία ασφαλείας αποσύνδεσης, τα οποία χρησιμοποιούνται για την επίβλεψη, την προστασία και την απομόνωση του ηλεκτρικού εξοπλισμού. Αυτός ο εξοπλισμός συνδέεται άμεσα με την αξιοπιστία της εγκατάστασης. Χρησιμοποιείται ως μηχανισμός απενεργοποίησης και βοηθά στον καθορισμό των βλαβών. Απαιτείται προστατευτική αναμετάδοση στο κελί του εξοπλισμού διανομής για την προστασία του μετασχηματιστή και των καλωδίων τροφοδοσίας.

- **Καλώδια και Αγωγοί**
  Τα καλώδια και οι αγωγοί είναι συνήθως παρόμοια με εκείνα του υπόλοιπου τερματικού. Προκειμένου να διατηρούνται τα καλώδια σε διαχειρίσιμο μέγεθος, συνήθως έχουν μέγεθος ώστε να παρέχουν ισχύ 4 MVA το καθένα. Επομένως, δύο καλώδια μπορούν να παρέχουν 8 MVA κ.λπ. Ο προτιμώμενος μέσος όρος για το κύκλωμα ελέγχου είναι η οπτική ίνα και όχι ο χαλκός. Ένας αγωγός χρησιμοποιείται συνήθως για κάθε καλώδιο τροφοδοσίας με ένα ξεχωριστό αγωγό για επικοινωνίες και χειριστήρια. Πολλαπλές μονάδες διανομής πρέπει να εγκατασταθούν κοντά στην πρόσοψη του αγκυροβολίου για να απενεργοποιείται κάθε υποδοχή όταν δεν χρησιμοποιείται.

- **Κουτιά σύνδεσης**
  Στα λιμάνια όπου εφαρμόζεται ήδη το CI, χρησιμοποιούνται κυρίως κουτιά Cavotec, η σχεδίαση των οποίων έχει γίνει πρότυπο και για άλλες εταιρείες. Αυτά τα κουτιά τοποθετούνται κατά μήκος του λιμανιού συνήθως κοντά στην πρύμνη του πλοίου. Για να παρέχεται ευελιξία χωρίς να γνωρίζουμε πού θα αγκυροβολήσει το πλοίο κατά μήκος της αποβάθρας και πού βρίσκονται τα καλώδια του πλοίου, τοποθετούνται κιβώτια ανά συγκεκριμένα μέτρα. Τα κουτιά είναι κλειδωμένα με τον κοντινό διακόπτη χρησιμοποιώντας τα κλειδιά Kirk.

  – Όταν το βύσμα από το πλοίο εισαχθεί στην υποδοχή, το κλειδί αφαιρείται. Αυτό κλειδώνει το βύσμα στην υποδοχή αποτρέποντας την αφαίρεσή του. Το ίδιο γίνεται για όλα τα βύσματα.

  – Στη συνέχεια, τα κλειδιά μεταφέρονται στον κοντινό πίνακα διανομής, ο οποίος συνήθως τροφοδοτείται συνεχώς από τον πίνακα διανομής του μετασχηματιστή. Στη συνέχεια, τα κλειδιά εισάγονται στις κλειδαριές του διακόπτη και περιστρέφονται. Ο διακόπτης μπορεί στη συνέχεια να κλείσει για να κρατήσει τα κλειδιά αιχμάλωτα.

  – Στη συνέχεια, η ισχύς του πλοίου συγχρονίζεται με την ισχύ της ακτής. Όταν ολοκληρωθεί ο συγχρονισμός, ο διακόπτης στο πλοίο είναι κλειστός για να λαμβάνει ρεύμα. Μετά από αυτό το σημείο, ο κινητήρας μπορεί να σβήσει ανά πάσα στιγμή.

- **Σύνδεση καλωδίων**
  Ο πιο συνηθισμένος τρόπος σύνδεσης των καλωδίων στα πλοία είναι ο γερανός καλωδίων ανύψωσης, τα καλώδια προέρχονται από την εγκατάσταση και ανυψώνονται ώστε να τοποθετηθούν σωστά. Ένας άλλος τρόπος ανύψωσης των καλωδίων, που δεν χρησιμοποιείται τόσο συχνά, είναι αυτός του γερανοφόρου φορτηγού. Πριν φτάσει το πλοίο στο λιμάνι το όχημα συνδέεται με τα καλώδια του κουτιού σύνδεσης και μετά την πρόσδεση του πλοίου μεταφέρει τα καλώδια μέσω του ενσωματωμένου συστήματος ανύψωσης. Τα τελευταία χρόνια, πολλά πλοία έχουν εξοπλιστεί με εξοπλισμό κυλίνδρων, ο οποίος περιλαμβάνει ένα μηχανοκίνητο σύστημα διαχείρισης καλωδίων που επιτρέπει στα ίδια τα καλώδια να μεταφέρονται από τις υποδοχές στο πλοίο χωρίς να χρειάζεται να εξαρτώνται από τον ανυψωτικό γερανό.

4.1.4 Εξοπλισμός επί του πλοίου

Ο εξοπλισμός επί του σκάφους δεν είναι πολύ διαφορετικός από εκείνον στο λιμάνι. Τα περισσότερα πλοία διαθέτουν μετασχηματιστή, καλώδια και εξοπλισμό διανομής. Επί του παρόντος, υπάρχουν δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μετάβαση από την ισχύ του πλοίου στην τροφοδοσία της ξηράς. Η τροφοδοσία του πλοίου μπορεί να απενεργοποιηθεί και στη συνέχεια να συνδεθεί στην τροφοδοσία της ξηράς ή το πλοίο μπορεί να παραμείνει ενεργοποιημένο και να συγχρονιστεί με την ισχύ της ακτής για συνεχή μεταφορά ισχύος. Με τα κρουαζιερόπλοια αυτό είναι κρίσιμο λόγω των επιπτώσεων στα ενσωματωμένα συστήματα όταν χάνεται η ισχύς. Αντίθετα είναι λιγότερο σημαντικό για τα εμπορευματοκιβώτια που μπορούν να ανεχθούν μια σύντομη διακοπή στην τροφοδοσία. Ωστόσο, οι διακοπές ρεύματος είναι επιζήμιες για την αξιοπιστία του εξοπλισμού. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα πλοία προτιμούν την ενσωμάτωση εξοπλισμού συγχρονισμού με την εφαρμογή CI τους.

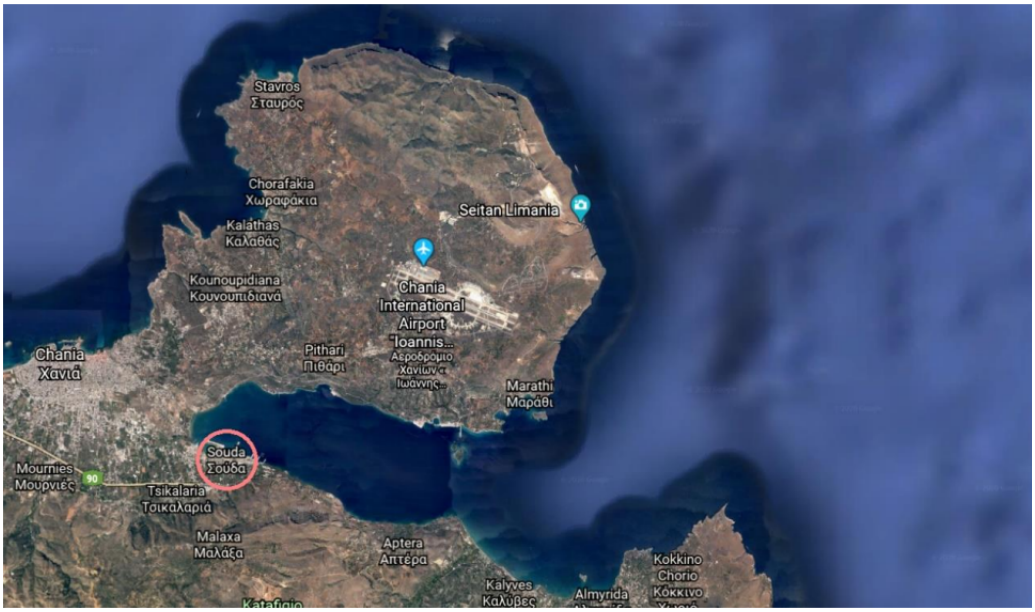
4.2 Το λιμάνι της Σούδας

Η Σούδα προέρχεται ετυμολογικά από τη λατινική λέξη «Suda» που σημαίνει χαρακώματα, χάρακας, στενό πέρασμα. Το λιμάνι της Σούδας, λόγω της γεωγραφικής του θέσης, έπαιξε διαχρονικά σημαντικό ιστορικό, εθνικό και πολιτικό ρόλο. Οι πληροφορίες για το λιμάνι κατά την αραβική κατοχή και τη δεύτερη βυζαντινή περίοδο της Κρήτης είναι περιορισμένες. Η ευρύτερη περιοχή παραχωρήθηκε στα τέλη του 12ου αιώνα στη μονή της Πάτμου, η οποία ίδρυσε εκεί το σημαντικότερο μοναστήρι της. Με την παραχώρηση της Κρήτης στους Ενετούς και τις προσπάθειές της να επικρατήσει κατά τον 13ο αιώνα, ο Κόλπος της Σούδας αναφέρεται ως ο τόπος μεταφοράς των αντιμαχόμενων στόλων. Αργότερα, επί Τουρκοκρατίας, το λιμάνι της Σούδας έγινε ναυτική βάση, αγκυροβόλιο και σταθμός ανεφοδιασμού του οθωμανικού στόλου.

Στα χρόνια της Κρητικής Πολιτείας, το λιμάνι της Σούδας ήταν το μόνιμο αγκυροβόλιο των στόλων των Μεγάλων Δυνάμεων, υπό την κυριαρχία των οποίων βρισκόταν το ημιαυτόνομο κράτος. Εκεί έγινε η υποδοχή του Επιτρόπου της Κρητικής Πολιτείας πρίγκιπα Γεωργίου το 1898. Τελικά στη νησίδα Σούδα στις 14 Φεβρουαρίου 1913 υψώθηκε η ελληνική σημαία. Κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, το λιμάνι της Σούδας είχε μεγάλη στρατηγική σημασία και χρησιμοποιήθηκε τόσο από τους Γερμανούς όσο και από τις συμμαχικές δυνάμεις. Υπάρχουν επίσης στρατιωτικές εγκαταστάσεις των ΗΠΑ και του ΝΑΤΟ που χρησιμοποιούν τον στρατηγικά σημαντικό κόλπο για τις τρέχουσες δραστηριότητές τους.

Το λιμάνι της Σούδας είναι το μεγαλύτερο φυσικό λιμάνι της Κρήτης. Λόγω της γεωγραφικής του θέσης είναι ένα από τα ασφαλέστερα φυσικά λιμάνια της Μεσογείου καθώς σχηματίζεται

από τα Λευκά Όρη στα νότια και το Ακρωτήρι στα βόρεια. Ο κόλπος βρίσκεται στη βορειοδυτική ακτή των Χανίων και έχει μήκος περίπου 15 χλμ και πλάτος 2 με 4 χλμ, ενώ το λιμάνι έχει δύο προβλήτες μήκους 1,37 χλμ και βάθος 9-12 μέτρα.



Γεωγραφική Τοποθεσία του Λιμένα της Σούδας

Είναι ένα λιμάνι πολλαπλών χρήσεων, το οποίο αποτελεί σταυροδρόμι των σημαντικότερων θαλάσσιων δρόμων, συμβάλλοντας αποφασιστικά στην εμπορική, τουριστική και οικονομική ανάπτυξη των Χανίων. Υπάρχουν δύο καθημερινά δρομολόγια προς τον Πειραιά μέσω των οποίων μεταφέρονται χιλιάδες επιβάτες, οχήματα και εμπορεύματα. Επίσης, το τελευταίο διάστημα εντάσσεται ως προορισμός στα δρομολόγια διεθνών εταιρειών κρουαζιέρας. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο επισκέπτονται το λιμάνι της Σούδας 130 κρουαζιερόπλοια με περίπου 267.000 επιβάτες. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται η κατασκευή ενός σύγχρονου επιβατικού σταθμού, ο οποίος θα μπορεί να εξυπηρετεί ακόμη περισσότερους επιβάτες, οπότε αναμένεται να υπάρξει αύξηση τόσο στον αριθμό των πλοίων όσο και στους επιβάτες.

4.3 Κανονισμοί που ισχύουν για τα πλοία

Οι κανόνες για τη ρύπανση των πλοίων του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ) περιέχονται στη «Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία», γνωστή και ως MARPOL, η οποία είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που καλύπτει την πρόληψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πλοία από επιχειρησιακά ή τυχαία αίτια. Η σύμβαση περιλαμβάνει κανονισμούς που στοχεύουν στην πρόληψη και την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης από πλοία, τόσο της τυχαίας ρύπανσης όσο και της ρύπανσης από τη συνήθη λειτουργία - και περιλαμβάνει επί του παρόντος έξι τεχνικά παραρτήματα. Το παράρτημα VI της MARPOL είναι αυτό που αναφέρεται στην πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία.

Αν και η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία δεν έχει την άμεση αιτία και το αποτέλεσμα με το οποίο σχετίζεται, για παράδειγμα, με ένα περιστατικό πετρελαιοκηλίδας, προκαλεί σωρευτική επίδραση που συμβάλλει στα συνολικά προβλήματα ποιότητας του αέρα που αντιμετωπίζουν οι πληθυσμοί σε πολλές περιοχές και επηρεάζει επίσης το φυσικό περιβάλλον, όπως έντονη όξινη βροχή. Το παράρτημα VI της MARPOL, που εγκρίθηκε για πρώτη φορά το 1997, περιορίζει τους κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους που περιέχονται στα καυσαέρια των

πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του θείου (SOx) και των οξειδίων του αζώτου (NOx), και απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον (ODS). Το παράρτημα VI της MARPOL ρυθμίζει επίσης την αποτέφρωση στα πλοία και τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από δεξαμενόπλοια. Μετά την έναρξη ισχύος του παραρτήματος VI της MARPOL στις 19 Μαΐου 2005, η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC), συμφώνησε να αναθεωρήσει το Παράρτημα VI της MARPOL με στόχο τη σημαντική ενίσχυση των ορίων εκπομπών υπό το φως των τεχνολογικών βελτιώσεων και της εμπειρίας εφαρμογής. Ως αποτέλεσμα τριετούς εξέτασης, το MEPC 58 (Οκτώβριος 2008) ενέκρινε το αναθεωρημένο παράρτημα VI MARPOL και τον σχετικό τεχνικό κώδικα NOx 2008, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2010.

Το παράρτημα VI της MARPOL αναθεωρήθηκε όλα αυτά τα χρόνια. Οι κύριες αλλαγές είναι η προοδευτική μείωση των εκπομπών SOx, NOx και σωματιδίων παγκοσμίως και η εισαγωγή περιοχών ελέγχου εκπομπών (ECA) για περαιτέρω μείωση των εκπομπών αυτών των ατμοσφαιρικών ρύπων σε καθορισμένες θαλάσσιες περιοχές. Σύμφωνα με το αναθεωρημένο παράρτημα VI της MARPOL, το παγκόσμιο όριο θείου θα μειωθεί από το τρέχον 3,5% σε 0,5% με ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2020. Το πρότυπο μαζούτ (όριο θείου 0,5%) θα τεθεί σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2020. Τα όρια που ισχύουν στα ECA για το SOx και τα σωματίδια μειώθηκαν στο 0,10% από την 1η Ιανουαρίου 2015. Πραγματοποιήθηκαν επίσης αναθεωρήσεις στους κανονισμούς για ουσίες που καταστρέφουν το όζον, πτητικές οργανικές ενώσεις, αποτέφρωση πλοίων, εγκαταστάσεις υποδοχής και ποιότητα μαζούτ, με προσθήκη κανονισμών για τη διαθεσιμότητα του μαζούτ.

Τα αναθεωρημένα μέτρα αναμένεται να έχουν σημαντικό ευεργετικό αντίκτυπο στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα για τα άτομα που ζουν σε πόλεις-λιμάνια και παράκτιες κοινότητες. Η ναυτιλία, αναμφίβολα, έχει μεγάλο αντίκτυπο στην ατμοσφαιρική ρύπανση καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις των πλοίων είναι υψηλές και υπάρχει εκτεταμένη χρήση καυσίμων χαμηλής ποιότητας. Η καύση του πετρελαίου απελευθερώνει επιβλαβή αέρια όπως οξείδια του θείου (SOx), οξείδια του αζώτου (NOx) και αιωρούμενα σωματίδια πετρελαίου (PM).

Ρύποι από πλοία

- SO_x
- NO_x
- PM
- CO_2

4.4 Υπολογισμός εκπομπών στο λιμάνι της Σούδας

Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου και των επακόλουθων εκπομπών του πλοίου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, καθώς υπάρχουν πολλές παράμετροι, όπως οι κινητήρες, οι διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας τους ανάλογα με τις ραβδώσεις, ο τύπος του πλοίου με το φορτίο που μεταφέρει και η διαμόρφωση των συστημάτων τροφοδοσίας. Η κατανάλωση καυσίμου από ένα (FC_K) υπολογίζεται συνδυάζοντας την απαιτούμενη ενέργεια του κινητήρα, εκφρασμένη σε κιλοβατώρες (kWh) και την τυπική του κατανάλωση (SFOC) σε μονάδες μάζας καυσίμου ανά μονάδα ενέργειας. Η εξίσωση υπολογισμού είναι :

$$FC_K = E_{energy,K} SFOC_K \tag{55}$$

όπου ο όρος της ενέργειας είναι ένας συνδιασμός της μέγιστης ονομαστικής ισχύος που εκφράζεται σε kW, και του συντελεστή φορτίου λειτουργίας (που εκφράζει το φορτίο λειτουργίας του κινητήρα, ανάλογα με τη φάση λειτουργίας και τη διάρκειά του). Ο όρος της ενέργειας δίνεται από :

$$E_{energy,K} = MCR_K LF_K T_P \tag{56}$$

όπου το MCR είναι η μέγιστη ονομαστική ισχύς (kW), το K είναι η μηχανή για την οποία γίνονται οι υπολογισμοί, το LF έιναι ο συντελεστής του φορτίου, το P είναι η φάση της λειτουργίας, και το T είναι ο χρόνος λειτουργίας σε ώρες. Αυτή η μέθοδος υπολογίζει τις εκπομπές για ένα ταξίδι, αθροίζοντας τις μεμονωμένες εκπομπές που προκύπτουν από τις διάφορες φάσεις της λειτουργίας του πλοίου. Επομένως, για ένα ταξίδι, οι εκπομπές μπορούν να υπολογιστούν μέσω του αθροίσματος :

$$E_{trip} = E_{hoteling} + E_{maneuvering} + E_{travelling} \tag{57}$$

Στην περίπτωση μας, οι υπολογισμοί σχετίζονται με τις φάσεις των Ελιγμών(Maneuvering) και της διαμονής(Hoteling). Ο χρόνος διαμονής του πλοίου ξεκινά όταν το πλοίο προσδένεται στην προβλήτα του λιμανιού και τελειώνει όταν αναχωρεί.

4.4.1 Συντελεστής Φορτίου

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε τη χρήση του συντελεστή φορτίου, ο οποίος εκφράζει την σχέση της ενέργειας που παράγεται από τον κινητήρα για τον δεδομένο κινητήρα υψηλής ταχύτητας που έχει την καθορισμένη μέγιστη ονομαστική ισχύ. Ο προσδιορισμός των συντελεστών φορτίου των κύριων κινητήρων και των βοηθητικών κινητήρων, ανάλογα με τη δραστηριότητα των πλοίων στο λιμάνι, ενέχει μεγάλη αβεβαιότητα. Για τις ταχύτητες πλεύσης ο συντελεστής φορτίου του συστήματος πλεύσης για τους κύριους κινητήρες είναι 80-85%. Για χαμηλότερες ταχύτητες, ο προσδιορισμός του συντελεστή φορτίου για το σύστημα πρόωσης βασίζεται στην υπόθεση ότι το φορτίο στο σύστημα πρόωσης είναι ανάλογο με την ταχύτητα του πλοίου. Ο συντελεστής φορτίου υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο :

$$LF = \left(\frac{\text{Πραγματική Ταχύτητα}}{\text{Μέγιστη Ταχύτητα}}\right)^3 \tag{58}$$

Για τις βοηθητικές μηχανές ο συντελεστής φορτίου διαφέρει ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου και τον τύπο των βοηθητικών κινητήρων κάθε πλοίου. Αν και οι συντελεστές φορτίου προσεγγίζονται από διάφορες μελέτες, τόσο για τους κύριους όσο και για τους βοηθητικούς κινητήρες, είναι προφανές ότι αυτό είναι πολύ αβέβαιο λόγω των ετερογενών βοηθητικών κινητήρων (kW,SFOC) αλλά και των διαφορετικών ωρών και φορτίων λειτουργίας ανά κινητήρα, κατά τη διάρκεια ενός πλήρους ταξιδιού. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας των συντελεστών φορτίου.

Πίνακας 4
Συντελεστές φορτίου των κινητήρων για τους ελιγμούς και τη φάση της διαμονής

	Κύριος Κινητήρας		Βοηθητικοί Κινητήρες	
	Καλοκαίρι	Υπόλοιπο Έτος	Καλοκαίρι	Υπόλοιπο Έτος
Φάση Ελιγμών	0.20	0.20	0.75	0.60
Φάση Διαμονής	0.00	0.00	0.45	0.30

4.4.2 Παράγοντες Εκπομπών

Λαμβάνοντας υπόψη τη μερική χωρητικότητα φορτίου των κύριων και βοηθητικών κινητήρων, οδηγούμαστε στην εισαγωγή συντελεστών διόρθωσης, όπως προτείνεται από την εκτεταμένη εργασία αποκατάστασης των κιβωτίων ταχυτήτων, που αρχικά προετοιμάστηκαν για το ENTEC (ENTEC, 2002) και συμπεριλήφθηκαν στην τελική έκθεση για τις εκπομπές των πλοίων στη Μεσόγειο Θάλασσα.

Οι συντελεστές εκπομπών για τους κύριους κινητήρες κατά τους ελιγμούς και τη σύνδεση (λειτουργία σε περίπου 20% MCR) λόγω έλλειψης δεδομένων, βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην επαγγελματική ή εμπειρική κριτική αξιολόγηση κάθε σχεδιαστή. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συντελεστές εκπομπής, κατά τη φάση ελιγμών και πρόσδεσης, έχουν αυξημένη αβεβαιότητα σε σύγκριση με αυτούς κατά τη φάση ταξιδιού, κυρίως για δύο λόγους :

1) Οι κύριοι κινητήρες που εκκινούνται με κρύο κινητήρα, έχουν σημαντικές διαφορετικές εκπομπές (ειδικά HC και PM), σε σύγκριση με όταν ξεκινούν με σχετικά ζεστούς κινητήρες.

2) Το φορτίο του κινητήρα αλλάζει κατά τη διάρκεια των ελιγμών, με αποτέλεσμα την αύξηση της μεταβλητότητας εκπομπών.

Επιπλέον, οι μέσοι ρυθμοί εκπομπών από τους κύριους κινητήρες που λειτουργούν σε σταθερή κατάσταση με χαμηλά φορτία (<40% MCR) αξιολογήθηκαν από τη βάση δεδομένων IVL/Lloyds και η προσέγγιση που υιοθετήθηκε ήταν να πολλαπλασιαστούν τα ποσοστά εκπομπών από τους κύριους κινητήρες (που προέρχονται από την κατάσταση φορτίου 70-100%) κατά 0.8 για NO_x, 3.0 για HC και 3.0 για PM.

Οι συντελεστές εκπομπών χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την κατανάλωση ενέργειας ή το καύσιμο για την εκτίμηση των εκπομπών και ποικίλλουν ανάλογα με τον ρύπο, τον τύπο του κινητήρα, τον κύκλο λειτουργίας και το καύσιμο. Δεδομένου ότι το SFOC για κάθε κινητήρα, είναι κατανοητό ότι οι συντελεστές εκπομπών εξαρτώνται από τον τύπο του κινητήρα (κύριος, βοηθητικός, λέβητες). Οι συντελεστές εκπομπών ρυθμίζονται περαιτέρω με την κατανάλωση καυσίμου (HFO, LSFO, MDO, MGO) και την περιεκτικότητα σε θείο. Τέλος, το φορτίο του κινητήρα, η μεταβλητότητα, ενσωματώνεται στους παράγοντες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των εκπομπών. Για τον υπολογισμό των συντελεστών εκπομπής χρησιμοποιείται μια συγκεκριμένη μεθοδολογία στην οποία λαμβάνονται υπόψη όλες αυτές οι μεταβλητές :

1) Καθορίζουμε τους βασικούς συντελεστές εκπομπής που δίνονται από τον IMO. Οι συντελεστές εκπομπών δίνονται σε δύο κατηγορίες :

   1. Με βάση την ενέργεια σε $\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{kWh}$
   2. Με βάση το καύσιμο σε $\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{g_{\text{κατανάλωση καυσίμου}}}$

2) Μετατρέπουμε τους βασικούς συντελεστές εκπομπών με βάση την ενέργεια $\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{kWh}$ σε συντελεστές εκπομπών με βάση το καύσιμο $\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{g_{\text{κατανάλωση καυσίμου}}}$ που καταναλώνεται, ανάλογα με την κατάσταση, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη αναλογία:

$$EF_{baseline(\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{g_{\text{κατανάλωση καυσίμου}}})} = \frac{EF_{baseline(\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{kWh})}}{SFOC_{baseline(\frac{g_{\text{κατανάλωσης καυσίμου}}}{kWh})}} \tag{59}$$

3) Χρησιμοποιούμε συντελεστές διόρθωσης (FCF) κατά περίπτωση για να προσαρμόσουμε τους συντελεστές εκπομπών για το συγκεκριμένο καύσιμο που χρησιμοποιείται :

$$EF_{\text{πραγματικό}(\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{g_{\text{κατανάλωση καυσίμου}}})} = EF_{baseline(\frac{g_{\text{ρύπανσης}}}{g_{\text{κατανάλωση καυσίμου}}})} \cdot FCF \tag{60}$$

Ανάλογα με τον τύπο που θέλουμε να υπολογίσουμε οι αναλογίες είναι οι εξής :

$$CO_{2(\frac{g}{kWh})} = (3.114 or 3.206) \cdot CO_{2(\frac{g}{fuel})} \cdot SFOC_{\frac{gfuel}{kWh}} \tag{61}$$

όπου 3.114 και 3.206 είναι οι συντελεστές εκπομπών CO_2 με βάση τον τύπο του καυσίμου (HFO, LSFO, MGO).

$$NO_{x(\frac{g}{kWh})} = 45 \cdot n^{-0.20} \tag{62}$$

όπου n είναι η ταχύτητα της μηχανής.

$$SO_{x(\frac{g}{kWh})} = SFOC_{\frac{gfuel}{kWh}} \cdot 2 \cdot 0.97753\% FuelSulfur \tag{63}$$

όπου το 0.97753 είναι ο συντελεστής μετατροπής του θείου, S σε SO_x, και 2 είναι η αναλογία μοριακού βάρους SO_x και S.

$$PM_{HFO(\frac{g}{kWh})} = 1.35 + SFOC_{\frac{gfuel}{kWh}} \cdot 7 \cdot 0.02247 \cdot (\%FuelSulfur - 0.0246) \tag{64}$$

$$PM_{MGO(\frac{g}{kWh})} = 0.23 + SFOC_{\frac{gfuel}{kWh}} \cdot 7 \cdot 0.02247 \cdot (\%FuelSulfur - 0.024) \tag{65}$$

Με βάση όλες τις παραπάνω πληροφορίες και συγκεκριμένες μεθοδολογίες έχουν υπολογιστεί οι ρύποι για το λιμάνι της Σούδας για τα έτη 2018-2019 και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5
Ρύποι για το λιμάνι της Σούδας για τα έτη 2018-2019

Έτος	Τύπος	CO_2	So_x	No_x	PM
2018	Κρουαζιερόπλοιο	4581.057	19.504	80.448	4.09
2018	Επιβατηγό	9991.168	34.686	181.453	7.372
2019	Κρουαζιερόπλοιο	6005.236	29.397	112.526	5.935
2019	Επιβατηγό	21792.848	132.228	382.774	25.922

4.5 Μελέτη Περίπτωσης

Για να προσδιοριστεί η ζήτηση ισχύος και ο αριθμός των θέσεων ελλιμενισμού CI έπρεπε να γίνει μια ανάλυση των κλήσεων των πλοίων. Η ανάλυση αυτή αφορά δύο κατηγορίες πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι

- Κρουαζιερόπλοια
- Επιβατηγά πλοία RoRo

Πρώτον, για κάθε κατηγορία, εντοπίστηκε ο αριθμός των διαφορετικών πλοίων και υπολογίστηκε ο χρόνος ελλιμενισμού τους για τα έτη 2018 και 2019. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6
Traffic Analysis 2018

2018				
Κατηγορία	Αριθμός Διαφορετικών Πλοίων	Αριθμός Κλήσεων	Συνολικός Χρόνος Ελλιμενισμού	Μέσος Χρόνος Ελλιμενισμού
RoRo	7	564	5408	9.5
Κρουαζιερόπλοιο	23	80	817.5	10.2

Πίνακας 7
Traffic Analysis 2019

2019				
Κατηγορία	**Αριθμός Διαφορετικών Πλοίων**	**Αριθμός Κλήσεων**	**Συνολικός Χρόνος Ελλιμενισμού**	**Μέσος Χρόνος Ελλιμενισμού**
RoRo	6	748	6918.5	9.25
Κρουαζιερόπλοιο	31	148	1339.5	9

Για να συνεχιστεί η ανάλυση, υπολογίστηκαν για κάθε μήνα ο μέγιστος, ο ελάχιστος και ο μέσος αριθμός κάθε κατηγορίας πλοίου σε θέση ελλιμενισμού.

Πίνακας 8
Min/Mean/Max Arrivals per month per type for 2018/2019

		2018		2019	
Μήνας		**RoRo**	**Κρουαζιερόπλοια**	**RoRo**	**Κρουαζιερόπλοια**
Ιανουάριος	min	1	0	1	0
	mean	1	0	2	0
	max	1	0	2	0
Φεβρουάριος	min	1	0	1	1
	mean	1	0	2	1
	max	1	0	2	1
Μάρτιος	min	1	1	1	1
	mean	1	1	2	1
	max	1	1	2	1
Απρίλιος	min	1	1	1	1
	mean	1	1	2	1
	max	2	1	3	2
Μάιος	min	1	1	1	1
	mean	1	1	2	2
	max	1	2	2	3
Ιούνιος	min	1	1	2	1
	mean	1	1	2	1
	max	2	1	2	2
Ιούλιος	min	1	1	1	1
	mean	2	1	2	1
	max	3	1	3	3
Αύγουστος	min	2	1	2	1
	mean	3	1	2	1
	max	3	2	3	3
Σεπτέμβριος	min	1	1	1	1
	mean	2	1	2	1
	max	2	3	3	3
Οκτώβριος	min	2	1	1	1
	mean	2	1	2	1
	max	2	2	2	3
Νοέμβριος	min	2	1	2	1
	mean	2	1	2	1
	max	2	1	2	1
Δεκέμβριος	min	1	1	1	1
	mean	2	1	2	1
	max	2	1	2	1

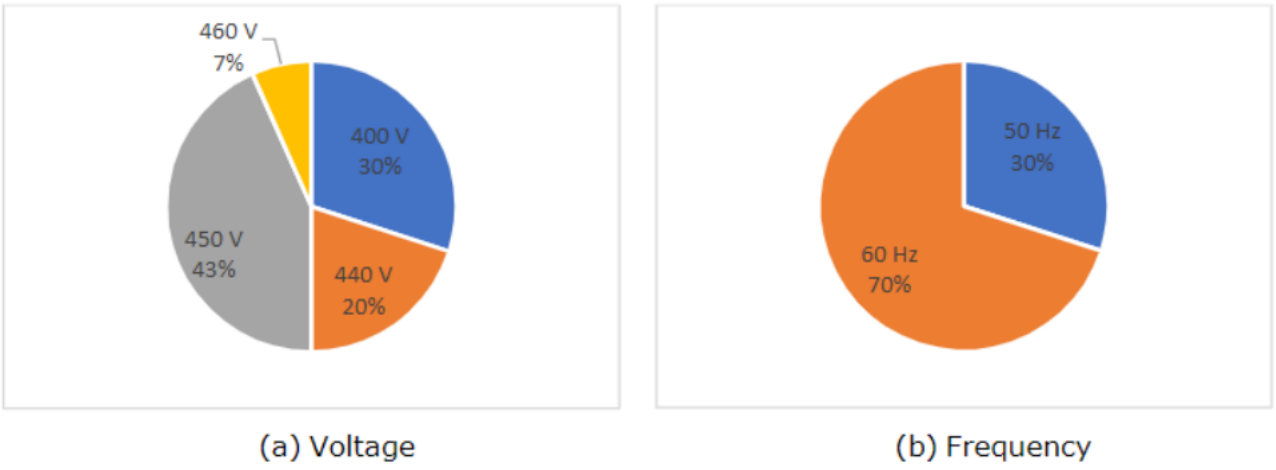
Ως αποτέλεσμα του παραπάνω πίνακα, ο αριθμός των θέσεων ελλιμενισμού θα είναι ο μέσος όρος των μηνιαίων ταυτόχρονων αφίξεων κάθε κατηγορίας. Συνεπώς αυτό σημαίνει, μία θέση Cold Ironing για κρουαζιερόπλοια και δύο θέσεις για Επιβατηγά RoRo.

4.5.1 Ζήτηση Ενέργειας

Ο προσδιορισμός της ζήτησης ισχύος των σκαφών στο αγκυροβόλιο δεν είναι εύκολη διαδικασία, κυρίως επειδή η συχνότητα και η τάση των σκαφών ποικίλλουν ανάλογα με το έτος κατασκευής, το μέγεθός τους και τις διαφορετικές ανάγκες τους. Για την ηλεκτρική σύνδεση και τροφοδοσία κάθε πλοίου με το κεντρικό δίκτυο διανομής του αντίστοιχου λιμένα απαιτείται η γνώση της ονομαστικής τάσης λειτουργίας του ρεύματος καθώς και της συχνότητας λειτουργίας του πλοίου.

Επιβατηγά Πλοία

Επιβατηγό πλοίο είναι κάθε πλοίο που, βάσει των πιστοποιητικών του, επιτρέπεται να μεταφέρει περισσότερους από 12 επιβάτες. Τα Επιβατηγά RoRo αποτελούνται από μεγάλα καταστρώματα στα οποία στα οποία γίνεται η επιβίβαση οχημάτων. Χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες γραμμές σχετικά σύντομες και τακτικές διαδρομές ως σύνδεσμοι σε μια ευρύτερη αλυσίδα μεταφορών και επικοινωνιών.



Σχήμα15. Τάση και Συχνότητα του κύριου συστήματος πλοίων τύπου RoRo

Όπως φαίνεται από το πιο πάνω σχήμα όλα τα πλοία χρησιμοποιούν χαμηλή τάση, από 400 V έως 460 V, ως τάση του συστήματος τους, ενώ η πλειοψηφία τους λειτουργεί στα 60 Hz. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας για κάθε μήνα των ετών 2018 και 2019 υπολογίστηκε με βάση την κύρια ισχύ κινητήρα κάθε επιβατηγού πλοίου που έχει δέσει στο λιμάνι της Σούδας και τον συντελεστή φορτίου.

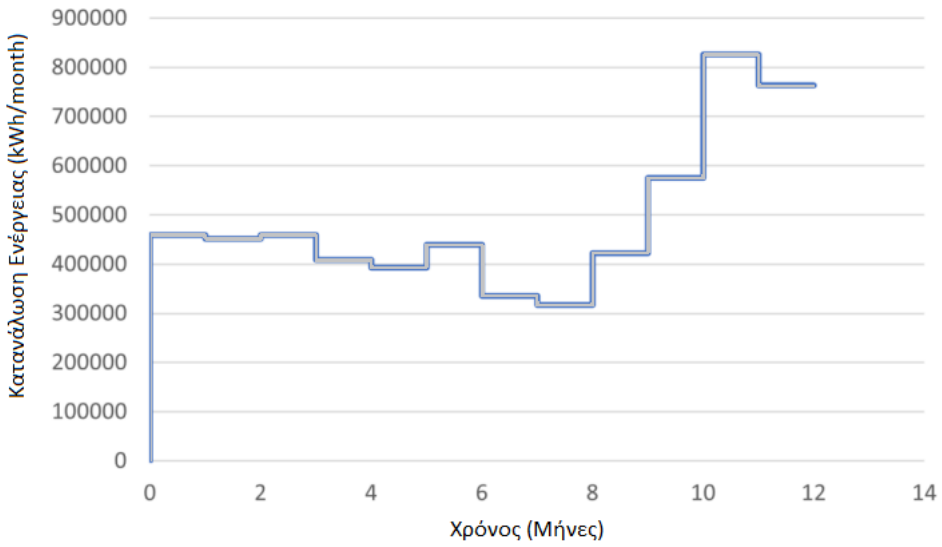
Πίνακας 9
Ro/Ro που αγκυροβολήθηκαν στο λιμάνι της Σούδας το 2018

2018			
Όνομα Σκάφους	**GT**	**Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/h)**	**Αριθμός Κλήσεων ανά Χρόνο**
Blue Galaxy	29.992	1000	190
Elyros	33.635	1000	94
Mykonos Palace	36.894	1700	141
Knossos Palace	37.551	1700	7
Festos Palace	36.894	1700	16
El.Venizelos	38.261	1000	90
Blue Star II	29.858	1000	16

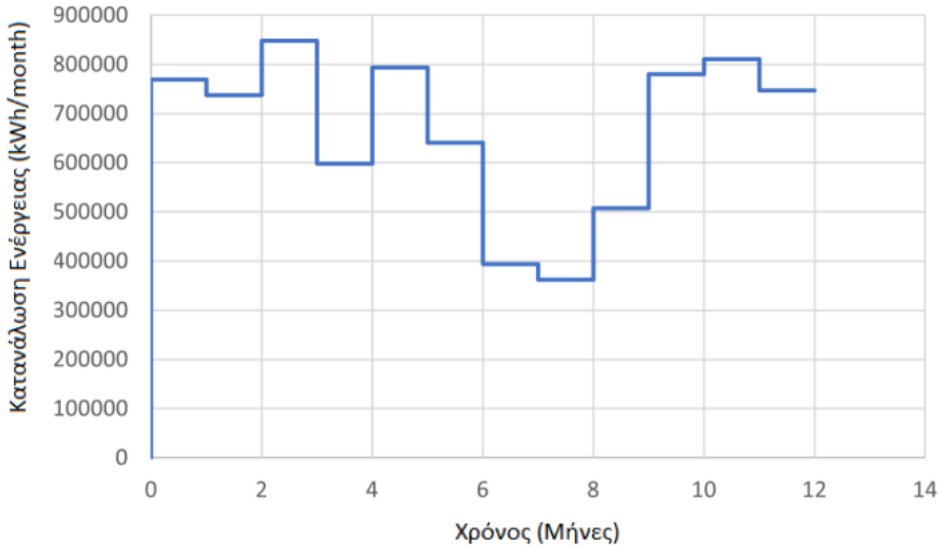
Πίνακας 10
Ro/Ro που αγκυροβολήθηκαν στο λιμάνι της Σούδας το 2019

2019			
Όνομα Σκάφους	**GT**	**Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/h)**	**Αριθμός Κλήσεων ανά Χρόνο**
Blue Galaxy	29.992	1000	194
Elyros	33.635	1000	72
Mykonos Palace	36.894	1700	163
Knossos Palace	37.551	1700	77
Festos Palace	36.894	1700	86
El.Venizelos	38.261	1000	135

Με βάση τα χρονοδιαγράμματα του λιμανιού της Σούδας για το 2018 και το 2019, υπολογίστηκε η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας. Ο Νοέμβριος του 2018 και ο Μάρτιος του 2019 αποδεικνύονται οι μήνες με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.

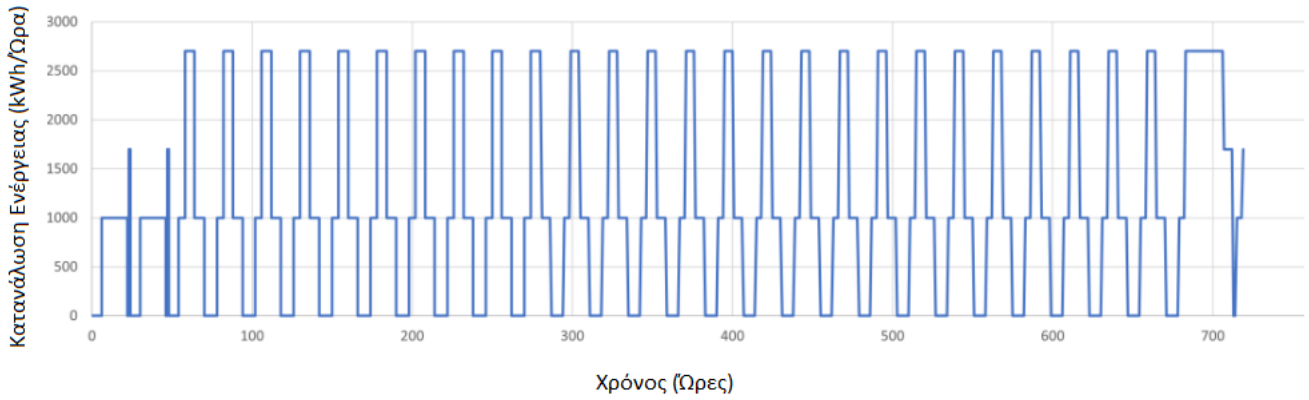


Γράφημα 1. Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/h) Επιβατηγών Πλοίων RoRo το 2018

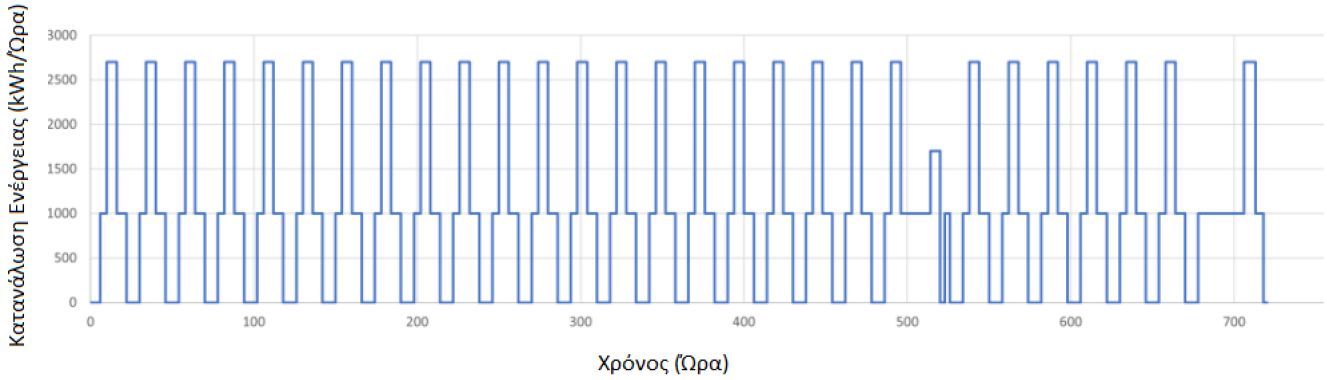


Γράφημα 2. Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/h) Επιβατηγών Πλοίων RoRo το 2019

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η ωριαία κατανάλωση ενέργειας, για αυτούς τους δύο μήνες, η οποία είναι σημαντικό να είναι γνωστή σε περίπτωση χρήσης ανανεώσιμων πηγών για παροχή ρεύματος.



Γράφημα 3. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) Επιβατηγών Πλοίων RoRo τον Νοέμβριο του 2018

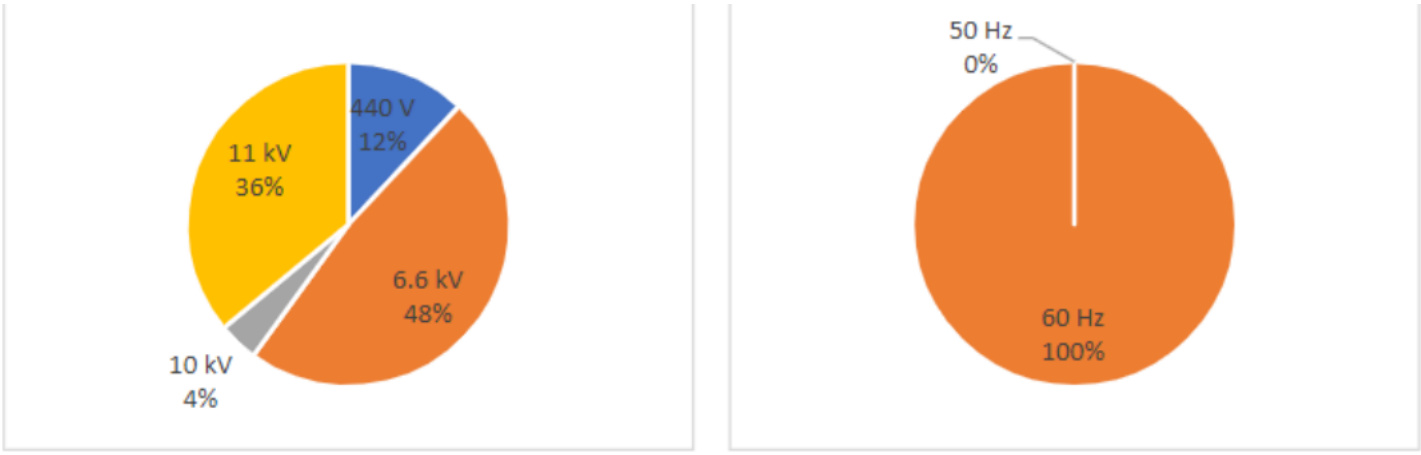


Γράφημα 4. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) Επιβατηγών Πλοίων RoRo τον Μάρτιο του 2019

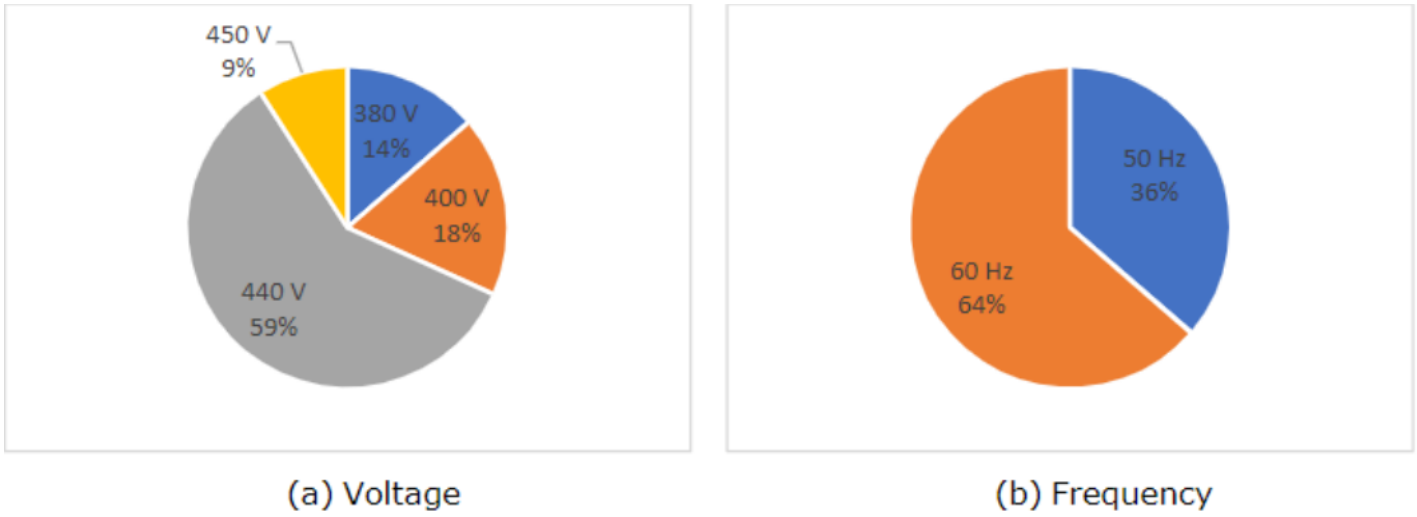
Κρουαζιερόπλοια

Τα κρουαζιερόπλοια είναι ένας τύπος επιβατηγού πλοίου που χρησιμοποιείται για ταξίδι αναψυχής με πολλούς διαφορετικούς προορισμούς-στάσεις κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Η μετακίνηση επιβατών από το ένα μέρος στο άλλο δεν είναι ο κύριος σκοπός μιας κρουαζιέρας καθώς, κατά τη διάρκεια ενός τέτοιου ταξιδιού, οι επιβάτες συνήθως επιστρέφουν στο λιμάνι αναχώρησης. Τα κρουαζιερόπλοια έχουν τη μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας, κατά την περίοδο φιλοξενίας/στάθμευσης, από κάθε άλλο τύπο πλοίου, λόγω των μεγάλων αναγκών σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό.

Στις μέρες μας, τα μεγάλα κρουαζιερόπλοια χρησιμοποιούν συχνά συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης. Η ισχύς που απαιτείται ενώ βρίσκεστε στη θάλασσα μπορεί να είναι έως και 80 MVA. Επομένως, για να μπορέσετε να χειριστείτε αυτό το μεγάλο ποσό ισχύος, χρησιμοποιείται υψηλή τάση, 6-11 kV, επί του σκάφους. Από την άλλη πλευρά, τα μικρότερα κρουαζιερόπλοια χρησιμοποιούν σύστημα χαμηλής τάσης. Τέλος, ορισμένα κρουαζιερόπλοια με μήκος μικρότερο από 200 m έχουν συχνότητα λειτουργίας 50 Hz (36%), ενώ όλα τα μεγαλύτερα έχουν συχνότητα λειτουργίας 60 Hz.



Σχήμα16. Τάση και Συχνότητα του κύριου συστήματος μεγάλων κρουαζιερόπλοιων ($length > 200m$)



Σχήμα17. Τάση και Συχνότητα του κύριου συστήματος μικρών κρουαζιερόπλοιων ($length < 200m$)

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας για κάθε μήνα των ετών 2018 και 2019 υπολογίστηκε με βάση την ισχύ του κύριου κινητήρα κάθε κρουαζιερόπλοιου που έχει δέσει στο λιμάνι της Σούδας.

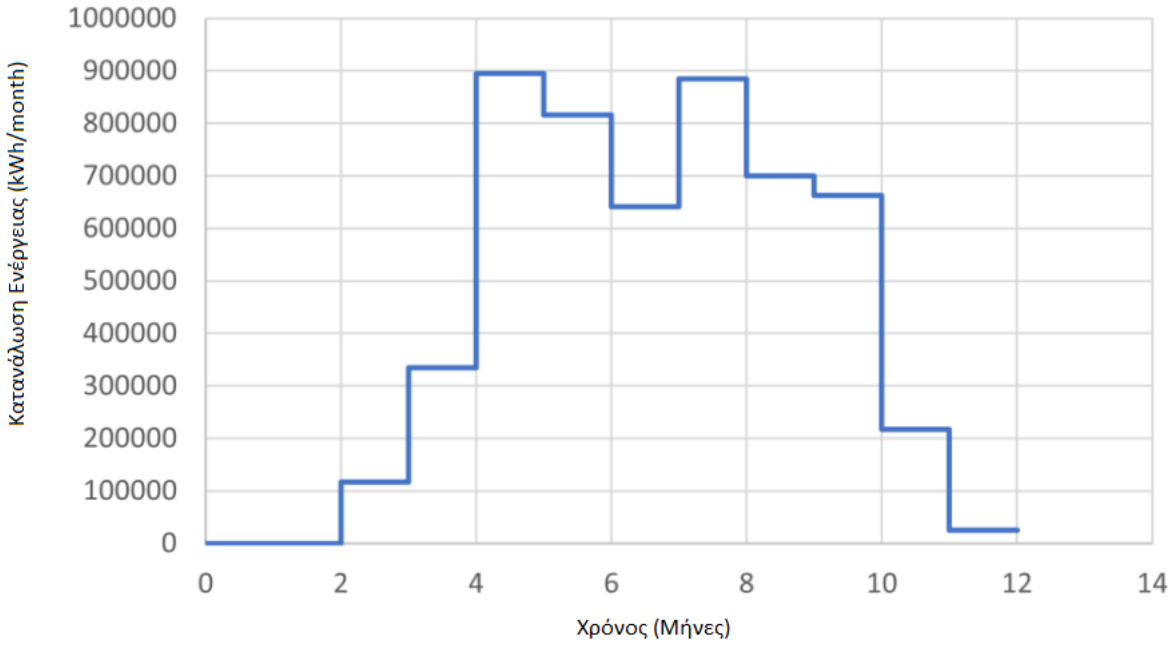
Πίνακας 11
Κρουαζιερόπλοια που έδεσαν στο λιμάνι της Σούδας το 2018

2018			
Όνομα Σκάφους	**GT**	**Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/h)**	**Αριθμός Κλήσεων ανά Χρόνο**
Oceana	77.499	7671	5
Mein Schiff 1	11.554	9557	1
Silver Spirit	39.444	5103	1
Golden Iris	16.852	3054	2
Horizon	47.427	5703	16
Europa	28.89	4229	1
Norwegian Spirit	75.904	7575	8
Mariner of the Seas	139.863	10954	1
Oosterdam	82.82	7985	4
Marella Discovery 2	69.472	7181	5
Crown Princess	113.561	9660	6
Jewel of the Seas	90.09	8400	1
Mein Schiff 2	111.554	9557	6
Marella Celebration	33.933	4660	4
Silver Muse	40.791	5208	1
Rhapsody of the Seas	78.878	7753	2
Salamis filoxenia	15.402	2893	2
Celebrity constellation	90.94	8448	3
Azamara Pursuit	30.277	4350	3
Azamara Quest	30.277	4350	1
Mein Schiff 3	99.526	8921	1
Aegean Odyssey	12.094	2500	2
MSC Magnifica	95.128	8681	1

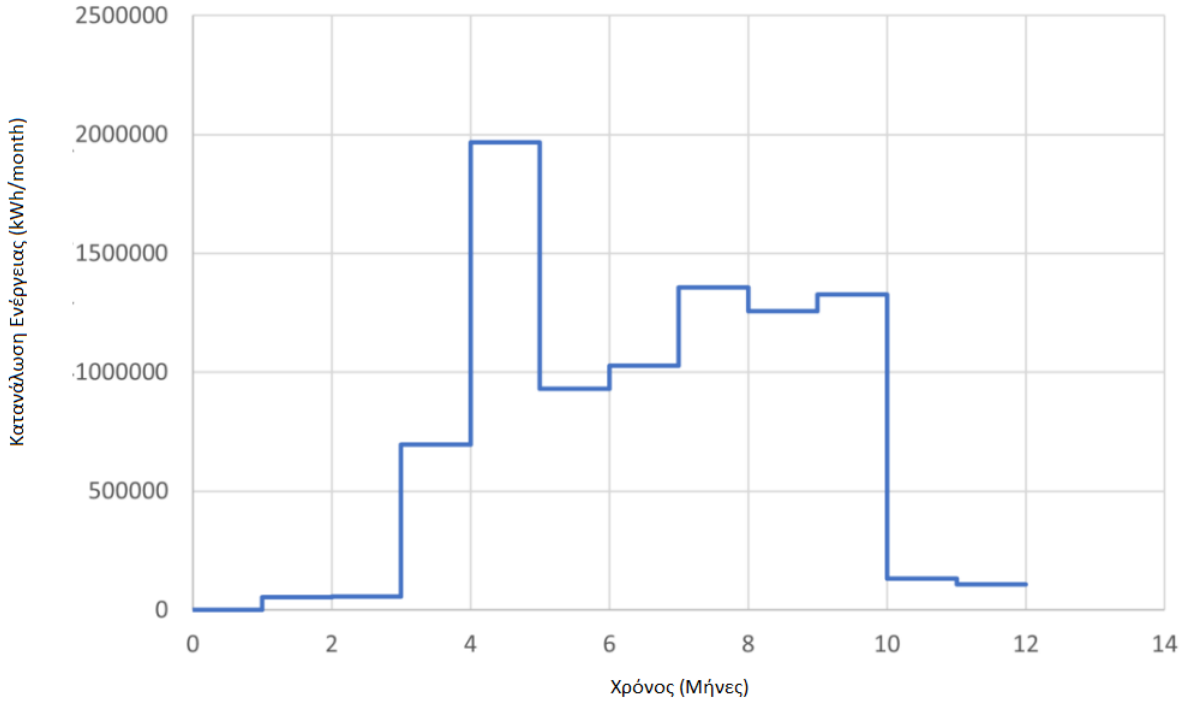
Πίνακας 12
Κρουαζιερόπλοια που έδεσαν στο λιμάνι της Σούδας το 2019

2019			
Όνομα Σκάφους	**GT**	**Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/h)**	**Αριθμός Κλήσεων ανά Χρόνο**
Oceana	77499	7671	7
Mein Schiff 4	99526	8921	1
Crystal Esprit	30	67	3
Crown Iris	41662	5274	2
Horizon	47427	5703	26
Viking Jupiter	47800	5730	1
Norwegian Spirit	75904	7575	8
Crystal Serenity	68870	7143	3
Konningsdam	99836	8938	4
Marella Explorer 2	72458	7366	4
Emerald Princess	113561	9660	6
Jewel of the seas	90090	8400	7
Mein Schiff 6	98811	8882	6
Marella Celebration	33933	4660	4
Silver Shadow	28258	4173	3
Rhapsody of the seas	78878	7753	1
Salamis filoxenia	15402	2893	2
Celebrity Constellation	90940	8448	4
Azamara Pursuit	30277	4350	5
Marella Discovery	69472	7181	3
Norwegian Jade	93558	8594	16
Aegean Odyssey	12094	2500	1
Vision of the seas	78717	7743	1
Seabourn Odyssey	32477	4350	1
Celebrity Infinity	90940	10521	2
Rotterdam	61849	8530	1
Viking Star	47842	5734	2
Azamara Journey	30277	4350	1
Celebrity Edge	130818	10521	1
Msc Orchestra	92409	8530	1
MSc Lirica	65591	6936	18
Veendam	57092	6379	1

Ομοίως όπως και στα Επιβατηγά RoRo, με βάση τα δρομολόγια των κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Σούδας για το 2018 και το 2019, υπολογίστηκε η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας. Και στις δύο περιπτώσεις ο Μάιος αποδεικνύεται ο μήνας με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.

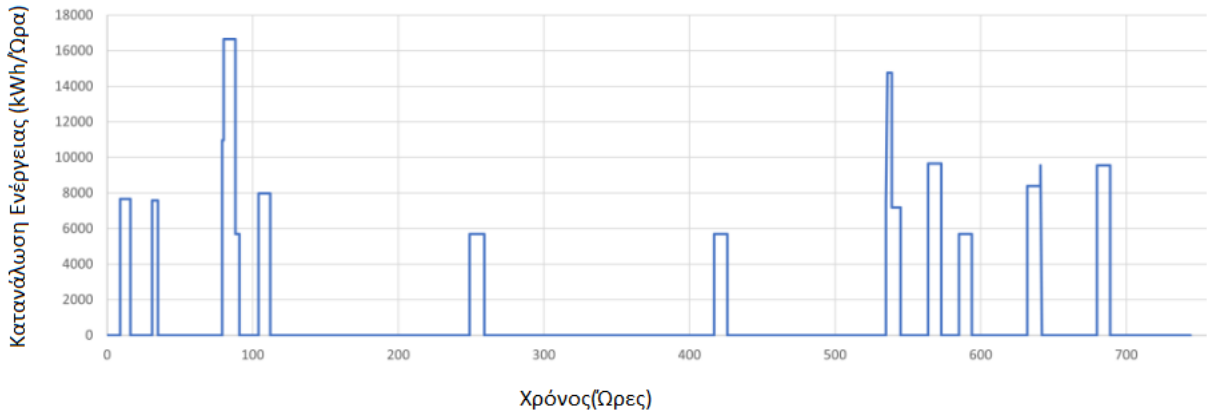


Γράφημα 5. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) για κρουαζιερόπλοια το 2018

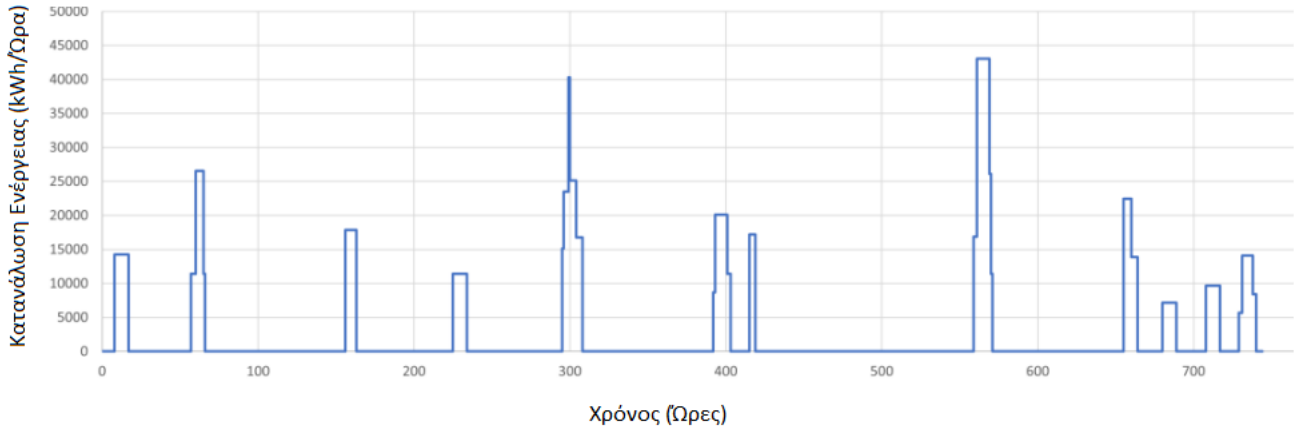


Γράφημα 6. Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) για κρουαζιερόπλοια το 2019

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε πρόβλεψη φορτίου για κάθε ώρα του μήνα και παρουσιάζεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Γράφημα 7. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) για κρουαζιερόπλοια τον Μάιο 2018



Γράφημα 8. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) για κρουαζιερόπλοια τον Μάιο 2019

4.5.2 Σύνοψη

Με βάση την Ανάλυση Κυκλοφορίας που έγινε, οι θέσεις ελλιμενισμού θα είναι τρεις :

- Μία για Κρουαζιερόπλοια
- Δύο για Επιβατηγά πλοία RoRo

Επίσης, με βάση την κατανάλωση ενέργειας για κάθε τύπο πλοίου, η μέγιστη ισχύς για κάθε σημείο σύνδεσης θα είναι 15 MVA για κρουαζιερόπλοια και 2,5 MVA για επιβατηγά πλοία.

Πίνακας 13
Σημεία Σύνδεσης

Τύπος Πλοίου	Αριθμός Σημείων Ελλιμενισμού	Συνολική Ισχύς (MVA)	Τάση (KV)
Επιβατηγό	2	5	11
Κρουαζιερόπλοιο	1	15	11
Σύνολο	3	20	

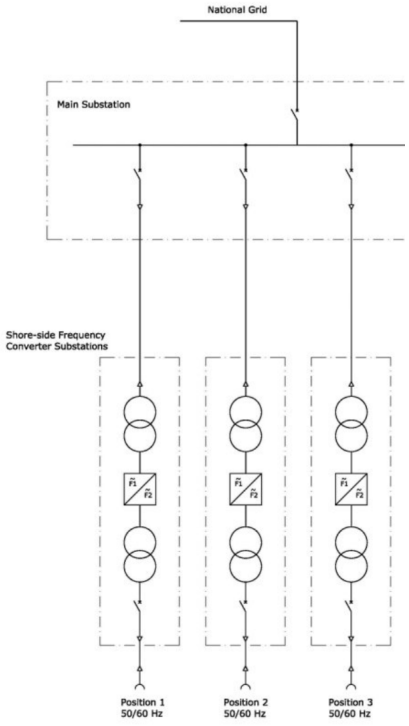
4.6 Τεχνική Μελέτη

Όπως έχω αναφέρει, η ΕΕ έχει προτείνει μια διαμόρφωση συστήματος για το Cold Ironing. Ωστόσο, για τις ανάγκες του λιμανιού της Σούδας θα ακολουθηθεί άλλη προσέγγιση. Δύο εναλλακτικές διαμορφώσεις θα μελετηθούν με βάση την εγκατάσταση των μετατροπέων συχνότητας :

1) Οι μετατροπείς συχνότητας μπορούν να διατεθούν σε κάθε σημείο σύνδεσης στην ξηρά (αποκεντρωμένη λύση)

2) Οι μετατροπείς συχνότητας μπορούν να εγκατασταθούν σε κεντρικό υποσταθμό (κεντρική λύση).

Η πρώτη διαμόρφωση, η οποία παρουσιάζεται στο Σχήμα 18, σχηματίζει ένα αποκεντρωμένο σύστημα όπου χρησιμοποιείται ξεχωριστός μετατροπέας συχνότητας για κάθε θέση ελλιμενισμού.



Σχήμα 18. Αποκεντρωμένη διαμόρφωση μετατροπέα συχνότητας

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της διαμόρφωσης είναι ότι αποτελείται από ένα ανεξάρτητο σύστημα σε κάθε αγκυροβολίο. Εάν παρουσιαστεί σφάλμα σε έναν από τους μετατροπείς συχνότητας, τότε αυτό το αγκυροβολίο μπορεί να αποσυνδεθεί χωρίς καμία επίδραση στα άλλα. Επιπλέον, πλοία με διαφορετικά επίπεδα τάσης μπορούν να τροφοδοτούνται ταυτόχρονα.

Το κύριο μειονέκτημα της αποκεντρωμένης λύσης είναι ότι ο μετατροπέας συχνότητας χρησιμοποιείται ακόμη και αν είναι συνδεδεμένο ένα σκάφος 50 Hz, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση. Επίσης, απαιτείται μεγάλος αριθμός μετασχηματιστών, λόγω της ανάγκης ενός μετασχηματιστή step down και step up για κάθε μετατροπέα συχνότητας.

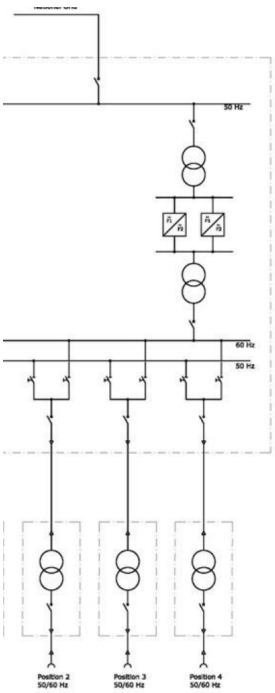
Όσον αφορά τη δεύτερη διαμόρφωση, η οποία απεικονίζεται στο Σχήμα 19, ένας κεντρικά τοποθετημένος μετατροπέας συχνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει επιλεκτικά είτε 50 Hz είτε 60 Hz στα αγκυροβολία. Ο μετατροπέας συχνότητας είναι συνδεδεμένος με μια

από τις ράβδους διαύλου μέσω ενός μετασχηματιστή ανόδου και καθόδου. Για να επιτραπεί η ταυτόχρονη σύνδεση σκαφών 60 Hz και 50 Hz σε διαφορετικές θέσεις ελλιμενισμού, ενσωματώνεται ένας πρόσθετος ζυγός, ο οποίος μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο δίκτυο ή να τροφοδοτηθεί από έναν μετασχηματιστή όταν αυτό είναι απαραίτητο.

Κάθε υποσταθμός στο αγκυροβόλιο, που περιέχει μόνο τον μετασχηματιστή απομόνωσης και τον κατάλληλο εξοπλισμό διανομής χαμηλής τάσης, τροφοδοτείται μέσω ενός διακόπτη αλλαγής. Ο διακόπτης εναλλαγής καθιστά δυνατή την επιλογή του ζυγού που θα συνδεθεί στο αγκυροβολίο σε κάθε περίπτωση. Ο μετατροπέας συχνότητας, σε αυτή τη διαμόρφωση, μπορεί να διαστασιολογηθεί μέσω των υψηλότερων απαιτήσεων ισχύος μεταξύ των πλοίων που σκοπεύουν να συνδεθούν και του αριθμού των πλοίων που θα τροφοδοτηθούν ταυτόχρονα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερη συνολική εγκατεστημένη χωρητικότητα του συστήματος μετατροπέα συχνότητας, ειδικά στην περίπτωση που δεν παρέχονται ταυτόχρονα πολλά πανομοιότυπα αγκυροβολία, γεγονός που μπορεί να μειώσει το κόστος της επένδυσης.

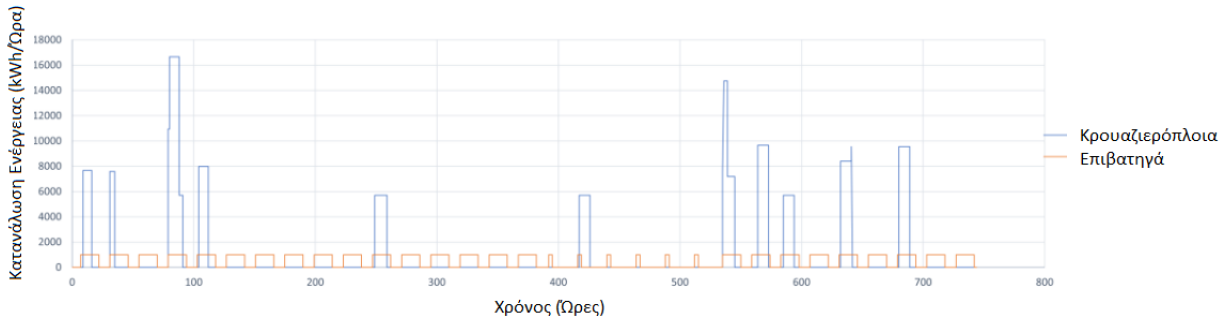
Ένα άλλο πλεονέκτημα της κεντρικής λύσης είναι ότι ο μετατροπέας συχνότητας χρησιμοποιείται μόνο όταν χρειάζονται 60 Hz, επομένως μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερη απόδοση με αυτήν την εγκατάσταση. Επιπλέον, μια μελλοντική πιθανή αύξηση της ζήτησης ισχύος μπορεί να επιτευχθεί με την παράλληλη εγκατάσταση ενός ή περισσότερων μετατροπέων συχνότητας.

Από την άλλη πλευρά, το σύστημα είναι πιο ευάλωτο σε περίπτωση που παρουσιαστεί σφάλμα στον μετατροπέα συχνότητας, καθώς η εγκατάσταση δεν θα μπορεί να τροφοδοτήσει 60 Hz σε κανένα αγκυροβολίο. Ένα επιπλέον μειονέκτημα αυτής της διαμόρφωσης είναι ότι θα υπάρχει υψηλότερη τιμή στον εξοπλισμό του εξοπλισμού διανομής, καθώς χρησιμοποιείται ένα σύστημα διπλής ράβδου με διακόπτες και αποζεύκτες για να επιτρέπεται η διανομή και των δύο συχνοτήτων.

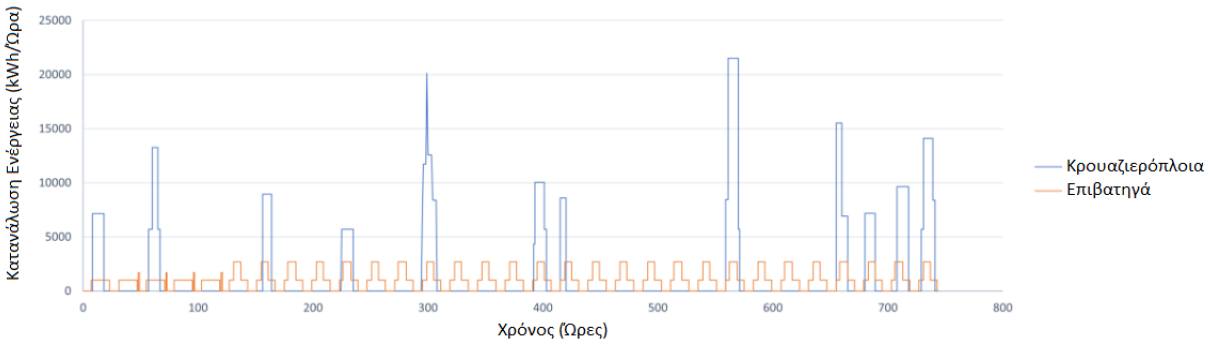


Σχήμα 19. Κεντρική διαμόρφωση μετατροπέα συχνότητας.

Όπως έχει ήδη αποφασιστεί τα σημεία σύνδεσης είναι 3. Εάν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα, η μέγιστη απαίτηση ισχύος είναι 20 MVA. Προκειμένου να προσδιοριστούν οι υψηλότερες απαιτήσεις ισχύος μεταξύ των πλοίων που σκοπεύουν να συνδεθούν ταυτόχρονα, η ωριαία κατανάλωση ενέργειας του Μαΐου (2018&2019), που είναι ένας μήνας με μία από τις υψηλότερες συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις, τόσο για κρουαζιερόπλοια όσο και για επιβατηγά RoRo πλοία υπολογίζεται και παρουσιάζεται στα παρακάτω γραφήματα.



Γράφημα 9. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) κρουαζιερόπλοιων και επιβατηγών πλοίων τον Μάιο 2018



Γράφημα 10. Ωριαία κατανάλωση ενέργειας (kWh/h) κρουαζιερόπλοιων και επιβατηγών πλοίων τον Μάιο 2019

Όπως φαίνεται στα γραφήματα, οι ώρες που η συνολική κατανάλωση ενέργειας ξεπερνά το όριο των 15.000 KW είναι πολύ λίγες. Συνολικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κεντρική εγκατάσταση και μόνο για λίγες ώρες το μήνα ορισμένα πλοία θα χρησιμοποιούν τον κινητήρα τους. Με βάση όλες τις παραπάνω πληροφορίες, η κεντρική διαμόρφωση με κύριο κεντρικό μετασχηματιστή 15 MVA αποδεικνύεται καταλληλότερη.

Ο κύριος εξοπλισμός των εγκαταστάσεων στην ξηρά θα στεγάζεται εντός κτιρίου υποσταθμού σχεδιασμένου ειδικά για τη στέγαση ηλεκτρικού εξοπλισμού. Ο εξοπλισμός του κεντρικού υποσταθμού και το μέγεθός του εξαρτάται από τις μέγιστες ενεργειακές ανάγκες του λιμανιού. Όπως έχει ήδη αποφασιστεί, θα εγκατασταθεί η διαμόρφωση με τον κεντρικό μετατροπέα συχνότητας. Το κτίριο του κύριου υποσταθμού θα περιλαμβάνει τους μετασχηματιστές ανόδου και καθόδου, τον μετατροπέα συχνότητας, ένα διακριτό σύνολο αγωγών που μεταφέρουν δεδομένα και σήματα ελέγχου μέσα σε ένα σύστημα υπολογιστή, στο οποίο μπορούν να συνδεθούν παράλληλα τμήματα εξοπλισμού, και ορισμένους διακόπτες κυκλώματος. Με βάση παρόμοιους υποσταθμούς που έχουν κατασκευαστεί σε άλλα λιμάνια, υπολογίζεται ότι ο συνολικός χώρος που θα καταλάβει θα είναι περίπου 360 m^2.

Η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας από το κτίριο του κεντρικού υποσταθμού στον παραθαλάσσιο υποσταθμό και στη συνέχεια στα σημεία σύνδεσης των πλοίων θα πραγματοποιείται μέσω υπόγειας καλωδίωσης. Θα χρησιμοποιηθούν καλώδια των 20 kV και $11kV$. Τα πρώτα θα χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση του κτιρίου του κύριου υποσταθμού με τον μετασχηματιστή, ενώ τα δεύτερα για τη σύνδεση του κτιρίου του υποσταθμού της ακτής με τα σημεία ελλιμενισμού.

Με βάση τη θέση των τριών κτιρίων του υποσταθμού και τις θέσεις ελλιμενισμού έχει υπολογιστεί ότι θα χρειαστούν :

- $(276 + 400)$ m καλωδίου $20kV$
- $(38 + 290)$ m καλωδίου $11kV$

Για την τροφοδοσία των πριζών των τριών θέσεων τροφοδοσίας στην ξηρά προβλέπονται δύο υποσταθμοί ξηράς. Θα υπάρχει ένας υποσταθμός για την παροχή κυρίως κρουαζιερόπλοιων ($15\ MVA$) και ένας υποσταθμός με δύο μετασχηματιστές για επιβατηγά RoRo πλοία (2,5 MVA έκαστος). Για κάθε θέση τροφοδοσίας στην ξηρά σε μετασχηματιστή ισχύος προβλέπονται εισερχόμενοι και εξερχόμενοι διακόπτες, οι οποίοι θα εγκατασταθούν σε κάθε παράκτιο υποσταθμό. Οι υποσταθμοί αυτοί θα είναι περίπου 35 m^2 έκαστος. Ο μετασχηματιστής τάσης που βρίσκεται σε αυτόν τον υποσταθμό χρησιμοποιείται και ως μετασχηματιστής απομόνωσης. Έτσι, εάν, για παράδειγμα, συμβεί βραχυκύκλωμα κατά τη σύνδεση, δεν θα επηρεαστεί το κτίριο του κύριου υποσταθμού.

Συμπεριλαμβάνουμε την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ που εξετάστηκε σε προηγούμενη μελέτη, καθώς και οι χωρικοί/τοπογραφικοί υπολογισμοί έχουν πραγματοποιηθεί σε προηγούμενες μελέτες και εμείς θα χρησιμοποιήσουμε με κάθε επιφυλαξη τις προτεινόμενες προδιαγραφές .

4.6.1 Οικονομική Μελέτη

Όπως εξηγείται, για την περίπτωση της Σούδας προτείνονται δύο διαμορφώσεις. Όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά, με βάση τις απαιτήσεις ισχύος των πλοίων και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε διαμόρφωσης, η κεντρική λύση φαίνεται να είναι καταλληλότερη. Όπως φαίνεται η κεντρική λύση είναι λίγο πιο ακριβή από την αποκεντρωμένη λύση. Ωστόσο, τα τεχνικά πλεονεκτήματα της κεντρικής διαμόρφωσης μπορούν να ξεπεράσουν τη μικρή οικονομική διαφορά. Επομένως, η κεντρική λύση εξακολουθεί να είναι προτιμότερη.

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για το λιμάνι της Σούδας, ο εξοπλισμός και τα έξοδα της εγκατάστασης του όλου συστήματος έχουν ως εξής :

- **Ηλεκτρολογικά Κύριου Υποσταθμού**
  - Αποκεντρωμένη Διαμόρφωση : $3,754,000,00$
  - Κεντρική διαμόρφωση : $3,858,000,00$
- **Κόστος εγκατάστασης**
  - Κτίρια υποσταθμού : $541,950,00$
  - Υπαίθρια Έργα : $48,649,60$
  - Ηλεκτρολογικές Υπηρεσίες κτλ : $165,813,40$
  - Ηλεκτρολογικά Κύριου Υποσταθμού : $2,962,000,00$
  - Ηλεκτρολογικά Υποσταθμών Ακτής : $336,000,00$
  - Πρίζες : $16,000,00$

Σε αυτό το ποσό εμείς θα προσθέσουμε επιπλέον, το 15% του συνολικού κόστους για απροσδόκητα έξοδα,το 18% για γενικά έξοδα του εργολάβου και τέλος ΦΠΑ 24%. Συνεπώς καταλήγουμε στον Πίνακα 14 για το συνολικό κόστος του έργου, στον Πίνακα 15 για το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του έργου, στους Πίνακες 16 - 17 -18 για το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αναλυτικά κόστη της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν παρθεί από δεδομένα της ΔΕΗ και της ΡΑΕ.

Πίνακας 14. Συνολικό Κόστος Έργου

Total S1	4070413
Γενικά έξοδα εργολάβου 18%	732674.34
Subtotal S2	4803087.34
Απροσδόκητα Έξοδα 15%	720463.1
Subtotal S3	5523550.44
Ανασκόπηση Πρόβλεψης 1%	55235.5
Subtotal S4	5578785.94
ΦΠΑ 24%	1338908.63
Συνολικό Κόστος Έργου	6917694.57

Πίνακας 15. Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας

Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας		
	Αριθμός Εργαζομένων	**Ετήσιος Μισθός / Άτομο**
Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί	4	24000
Τεχνικοί	9	16000
Συνολικό Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος		240000
Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας 3%	207530	
Συνολικό Ετήσιο Κόστος		447530

Πίνακας 16. Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά

ΔΕΗ		
Υψηλή χρήση		
Ζώνη	**Χρέωση Ισχύος (€/kW/Μήνα)**	**Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)**
07:00 – 23:00 τις εργάσιμες	8.88	
07:00 – 23:00 τις εργάσιμες		0.0647
23:00 – 07:00 τις εργάσιμες και Σ/Κ και αργίες		0.05057
Μέσος Όρος		0.057635

Πίνακας 17.Επιπλέον χρεώσεις

Σύστημα μεταφοράς	**Δίκτυο Διανομής**					
Χρέωση Ισχύος (€/kW/μήνα)	**Χρέωση Ισχύος (Πάγια) (€/kW/μήνα)**	**Χρέωση Ενέργειας (Μεταβλητή) (€/kW/h)**	**Λοιπές Χρεώσεις (€/kWh)**	**ΕΤΜΕΑΡ (€/kWh)**	**ΥΚΩ (€/kWh)**	**CO2 (€/kWh)**
1.197	1.097	0.0028	7E-05	0.00878	0.00691	0.00356

Πίνακας 18. Συνολικό κόστος ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά

	Χρέωση ρεύματος (€/kW/μήνα)	Ενέργεια και άλλες δαπάνες χωρίς εξαιρέσεις φόρου (€/kWh)	Ενέργεια και άλλες δαπάνες με εξαιρέσεις φόρου (€/kWh)
Συνολικό Κόστος	11.174	0.07975	0.060505

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες σχετικά με την εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Πάρκου στο λιμάνι της Σούδας, έχει βγει το κόστος του έργου σύμφωνα με τις προδιαγραφές και προτείνεται ένα πάρκο ισχύος 3MW. Το συνολικό κόστος του έργου αυτού ανέρχεται στα 2.331.460, και επιπλέον στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε το κόστος συντήρησης του πάρκου.

Πίνακας 19. Κόστος συντήρησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου (3MW)

Ετήσιο Κόστος σε €	
Συντήρηση και εργασία	10000
Ασφάλιση	25000
Απροσδόκητο κόστος	5000
Συύνολο	40000

4.6.2 Εξωτερικό κόστος των εκπομπών των πλοίων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία

Τα προβλήματα υγείας που προκύπτουν από τις εκπομπές των πλοίων συνιστούν σημαντική οικονομική επιβάρυνση για τους Έλληνες. Επομένως, κάθε πιθανή λύση για τη βελτίωση αυτού του ζητήματος θα πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά.

Πίνακας 20. Συντελεστές εξωτερικού κόστους (σε ευρώ, έτος 2000) ανά τόνο ρύπων

Ρύπος	Ανθρώπινη υγεία	Ποιότητα οικοσυστήματος	Κλιματική αλλαγή	Σύνολο
CO_2	0	0	21	21
SO_2	6300	200	0	6500
NO_2	5700	1000	0	6700
PM	35000	0	0	35000

Πρέπει να αναφερθεί ότι ο Πίνακας 20 αναφέρεται στην αξία του Ευρώ το 2000 προκειμένου να αξιολογηθούν όλα τα στοιχεία από όλες τις χώρες μέλη. Επομένως, όταν αυτά τα στοιχεία απαιτούνται για να γίνει οποιοσδήποτε υπολογισμός, τότε οι τρέχουσες χρηματιστηριακές αξίες του Ευρώ θα πρέπει να υπολογίζονται χρησιμοποιώντας ρυθμούς πληθωρισμού. Το ευρώ παρουσίασε μέσο ποσοστό πληθωρισμού 1,75% ετησίως μεταξύ 2000 και 2019. Αυτό σημαίνει ότι το 1 ευρώ το έτος 2000 αξίζει 1,46 το 2019. Ο Πίνακας 21 προκύπτει αφού ληφθεί υπόψη αυτός ο πληθωρισμός.

Πίνακας 21. Συντελεστές εξωτερικού κόστους (σε ευρώ, έτος 2019) ανά τόνο ρύπων

Ρύπος	Ανθρώπινη υγεία	Ποιότητα οικοσυστήματος	Κλιματική αλλαγή	Σύνολο
CO_2	0	0	30.66	30.66
SO_2	9198	292	0	9490
NO_2	8322	1460	0	9782
PM	51100	0	0	51000

Τέλος ο Πίνακας 22 παρουσιάζει το εξωτερικό κόστος όλων των εκπομπών στη Σούδα. Οι τόνοι εκπομπών έχουν υπολογιστεί από προηγούμενη περιβαλλοντική έρευνα.

Πίνακας 22. Μέγιστο εξωτερικό κόστος των εκπομπών στο λιμάνι ανά έτος

Ρύπος	CO_2	SO_2	NO_2	PM	Σύνολο
Τόνοι	27798.08	161.63	495.3	31.89	
Κόστος	852289.26	1533821.25	4845024.6	1629527.9	8860663.01

Εάν δεν μας προβληματίζουν οι επιπτώσεις των εκπομπών ρύπων για την δημόσια αλλά και την περιβαλλοντική μας υγεία, γενικότερα και στη συγκεκριμένη περίπτωση από τους λιμένες, τότε έχουμε άλλο ένα κίνητρο για να μειώσουμε τους ρύπους αυτούς, και αυτό δεν είναι άλλο παρά οικονομικό. Στις μέρες μας αυτό ίσως και να είναι το σημαντικότερο κίνητρο για τον τομέα της βιομηχανίας και της ναυτιλίας.

4.6.3 Net Present Value model | Μοντέλο Καθαρής Παρούσας Αξίας

Η καθαρή παρούσα αξία (NPV) είναι μια χρηματοοικονομική μέτρηση που επιδιώκει να συλλάβει τη συνολική αξία μιας επενδυτικής ευκαιρίας. Η ιδέα πίσω από το NPV είναι να προβληθούν όλες οι μελλοντικές ταμειακές εισροές και εκροές που σχετίζονται με μια επένδυση, να προεξοφληθούν όλες αυτές οι μελλοντικές ταμειακές ροές μέχρι σήμερα και στη συνέχεια να αθροιστούν. Με πιο απλά λόγια η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) είναι το συνολικό όφελος (κέρδος) που έχει ο επενδυτής από την υλοποίηση του έργου σε διάρκεια ζωής n. Η NVP εκφράζεται μέσω της παρακάτω εξίσωσης :

$$NVP = \sum_{i=1}^{n} \frac{A_i}{(1+r)^i} - C \tag{66}$$

όπου :

- n είναι η διάρκεια ζωής του έργου
- A_i είναι η καθαρή ταμειακή ροή στο τέλος του έτους i
- r είναι προεξοφλητικό επιτόκιο
- C είναι η αρχική κεφαλαιουχική δαπάνη

Η καθαρή παρούσα αξία είναι μια τεχνική ανάλυσης προϋπολογισμού κεφαλαίου που χρησιμοποιείται για να καθοριστεί εάν ένα μακροπρόθεσμο έργο θα είναι κερδοφόρο. Η αρχή του τύπου NPV είναι να συγκρίνει μια αρχική επένδυση με τις μελλοντικές ταμειακές ροές ενός έργου. Μια σημαντική πτυχή του τύπου NPV είναι η εκτίμηση ότι το 1 σήμερα δεν αξίζει το ίδιο με το 1 αύριο. Επειδή τα χρήματα σήμερα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία αποδόσεων στο μέλλον, μια ποσότητα χρημάτων σήμερα αξίζει περισσότερο από το ίδιο ποσό χρημάτων στο μέλλον (υποθέτοντας ότι αναμένονται θετικές αποδόσεις).

Σε γενικές γραμμές, ο τύπος NPV προσπαθεί να τραβήξει όλες τις μελλοντικές αξίες ταμειακών ροών σε αυτό που αξίζει κάθε ταμειακή ροή σήμερα. Στη συνέχεια, ο τύπος NPV συγκρίνει την αξία αυτών των ταμειακών εισροών με την αρχική επένδυση ή τις ταμειακές εκροές. Εάν το NPV ενός έργου είναι θετικό (οι προεξοφλημένες μελλοντικές ταμειακές ροές είναι μεγαλύτερες από την αρχική επένδυση), ένα έργο αναμένεται να είναι κερδοφόρο. Εάν το NPV είναι αρνητικό, η αρχική επένδυση είναι μεγαλύτερη από τις μελλοντικές ταμειακές ροές.

$NPV =$ (Η σημερινή αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών) − (Η σημερινή αξία των επενδυμένων μετρητών)

Με βάση τον τύπο, βρίσκεται η παρούσα αξία κάθε ταμειακής ροής, συμπεριλαμβανομένου του κόστους, προεξοφλημένο στο κόστος κεφαλαίου του έργου, το άθροισμα αυτών των προεξοφλημένων ταμειακών ροών ορίζεται ως NPV του έργου. Επενδύσεις που έχουν θετική ΚΠΑ γίνονται δεκτές, αντίθετα εάν η ΚΠΑ είναι αρνητική η επένδυση πρέπει να απορριφθεί. Ο οικονομικός στόχος των διευθυντών είναι να μεγιστοποιήσουν το NPV, καθώς συνδέεται με τη μεγιστοποίηση του οφέλους.

4.6.4 Υποθέσεις και Σενάρια Εγκατάστασης Cold Ironing

Για να δημιουργηθεί ένα μοντέλο NPV, έπρεπε να γίνουν οι παρακάτω υποθέσεις :

1) Χρονική περίοδος επένδυσης :
   - Χρονιά έναρξης : 2022
   - Χρονιά Δεδομένων :2019
   - Χρονική Περίοδος Επένδυσης : 30 χρόνια
   - Όλα τα εξαρτήματα έχουν την ίδια διάρκεια ζωής
2) Οικονομικές εκτιμήσεις
   - Δεν έχει ληφθεί υπόψη ο ρυθμός αύξησης της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας
   - Δεν έχει ληφθεί υπόψη το ποσοστό πληθωρισμού του ευρώ
   - Επιτόκιο προεξόφλησης (ελληνικός πληθωρισμός): 2%
3) Οι κλήσεις πλοίων θεωρούνται ίδιες με τα στοιχεία του 2019 και διορθώνονται για τα επόμενα χρόνια
4) Η κατανάλωση ενέργειας των πλοίων θεωρείται ίδια με τα στοιχεία του 2019 και διορθώνονται για τα επόμενα χρόνια
5) Οι εκπομπές των πλοίων θεωρούνται ίδιες με τα στοιχεία του 2019 και διορθώνονται για τα επόμενα χρόνια
6) Υπολογισμός ταμειακών ροών με ποσοστό χρήσης συστήματος 100%
   - Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην ξηρά ως τιμή αναφοράς χωρίς καμία φορολογική εξαίρεση: € 1.610.483,54
   - Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην ξηρά με φορολογική εξαίρεση : € 1.285.156,19
7) Αρχικό κόστος κεφαλαίου της επένδυσης

- Αρχικό κόστος κεφαλαίου εγκατάστασης Cold Ironing : € 6.917.694,57
- Αρχικό κόστος κεφαλαίου εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Πάρκου: € 2.331.460

8) Ετήσιο κόστος :
   - Τιμή αναφοράς συνολικού ετήσιου κόστους Cold Ironing (2019): € 447.530
   - Τιμή αναφοράς συνολικού ετήσιου κόστους Φ/Β πάρκου (2019): € 40.000
9) Η απόδοση της φωτοβολταϊκής μονάδας μειώνεται κατά 1% κάθε χρόνο
10) Στην παρούσα μελέτη δεν ελήφθησαν υπόψη δάνεια για την αρχική επένδυση
11) Η Μεσόγειος συνεχίζει να βρίσκεται εκτός των ζωνών ECA

Διαφορετικά Σενάρια

Έχουν εξεταστεί τρία διαφορετικά σενάρια χρήσης των εγκαταστάσεων CI :

1) Η 100% χρήση των εγκαταστάσεων CI από την αρχή της λειτουργίας του
2) Η χρήση των εγκαταστάσεων CI κατά 15% τον πρώτο χρόνο λειτουργίας και αύξηση 15% κάθε επόμενο έτος μέχρι να φτάσει στο μέγιστο
3) Χρήση 25% των εγκαταστάσεων CI τον πρώτο χρόνο λειτουργίας και αύξηση 20% κάθε επόμενο έτος μέχρι να φτάσει στο μέγιστο

Για κάθε ένα από τα παραπάνω σενάρια εξετάστηκαν τέσσερις διαφορετικές δυνατότητες χρηματοδότησης :

1) Η συνολική αρχική επένδυση καλύπτεται από το λιμάνι της Σούδας
2) Το 70% της αρχικής επένδυσης καλύπτεται από το λιμάνι της Σούδας και το 30% από τη χρηματοδότηση της Ε.Ε
3) Το 50% της αρχικής επένδυσης καλύπτεται από το λιμάνι της Σούδας και το 50% από τη χρηματοδότηση της Ε.Ε
4) Το 30% της αρχικής επένδυσης καλύπτεται από το λιμάνι της Σούδας και το 70% από τη χρηματοδότηση της Ε.Ε

Για κάθε σενάριο και κάθε δυνατότητα χρηματοδότησης υπολογίσαμε το NPV δύο διαφορετικών περιπτώσεων :

1) Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά υπολογίζεται σύμφωνα με τη ΔΕΗ χωρίς καμία φορολογική εξαίρεση :
$$Cost = 0.07975 \cdot kWh + 11.174 \cdot kW/month \tag{67}$$
2) Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά υπολογίζεται σύμφωνα με τη ΔΕΗ συμπεριλαμβανομένων των φορολογικών εξαιρέσεων :
$$Cost = 0.060505 \cdot kWh + 11.174 \cdot kW/month \tag{68}$$

Τέλος για κάθε περίπτωση, δυνατότητα χρηματοδότησης και σενάριο, έχουν υπολογιστεί τέσσερα διαφορετικά NPV :

1) Εγκατάσταση μόνο του CI (χωρίς Φ/Β πάρκο)
2) Εγκατάσταση CI και πάρκου 3 MW με σταθερή τιμή ανά MWh 39 € /MWh
3) Εγκατάσταση CI και πάρκου 3 MW Net Metering Exception
4) Τα περιβαλλοντικά οφέλη σε χρηματικές αξίες

4.6.5 Αποτελέσματα της μεθόδου της Καθαρής Παρούσας Αξίας

Σενάριο 1: 100% χρήση των εγκαταστάσεων CI

100% Χρήση				
NPV				
ΕΕ χρηματοδότηση	0.00%	30.00%	50.00%	70.00%
Χωρίς Φορροαπαλλαγές				
Χωρίς Φ/Β πάρκο	-7,577,762.91	-5,502,454.54	-4,118,915.62	2,735,376.71
Φ/Β πάρκο 1	-9,292,345.72	-6,517,599.35	-4,667,768.43	-2,817,937.52
Φ/Β πάρκο 2	-658,117.68	2,116,628.69	3,966,459.60	5,816,290.52
Περιβαλλοντικά Οφέλη	253,029,972.68	255,105,281.05	256,488,819.97	257,872,358.88
Με Φορροαπαλλαγές				
Χωρίς Φ/Β πάρκο	-291,583.37	1,783,725.00	3,167,263.91	4,550,802.82
Φ/Β πάρκο 1	-3,071,035.62	-296,289.25	1,553,541.67	3,403,372.58
Φ/Β πάρκο 2	5,563,200.60	8,337,946.97	10,187,777.89	12,037,608.80
Περιβαλλοντικά Οφέλη	260,316,153.21	262,391,461.29	263,775,000.00	265,158,538.71

Ο πάραπάνω πίνακας μας περιγράφει το ιδανικό σενάριο ελλιμενισμού όλων των πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι της Σούδας, χρησιμοποιώντας CI αντί των βοηθητικών μηχανών. Ωστόσο, φαντάζει αδύνατο λόγω της έλλειψης των απαραίτητων ηλεκτρικών τροποποιήσεων σε όλα τα πλοία. Είναι προφανές ότι χωρίς φορολογική εξαίρεση μόνο το σενάριο με το φωτοβολταϊκό πάρκο (2) (Net Metering Exception) θα ήταν επικερδής επένδυση και αυτό μόνο εάν υπήρχε χρηματοδότηση από την ΕΕ. Επιπλέον, ακόμη και χωρίς Ευρωπαϊκή χρηματοδότηση, το σενάριο με το φωτοβολταϊκό πάρκο (2) (Net Metering Exception) φυσικά αποτελεί το ιδανικό σενάριο για το λιμάνι της Σούδας από οικονομική άποψη. Ωστόσο, αν αναλογιστεί κανείς τα περιβαλλοντικά οφέλη που παρουσιάζονται σε χρηματικές αξίες στο τραπέζι, είναι περισσότερο από σαφές ότι η επένδυση πρέπει να υλοποιηθεί τόσο για περιβαλλοντικούς σκοπούς όσο και για οικονομικούς.

Σενάριο 2: 15% αρχική χρήση του CI και 15% αύξηση κάθε χρόνο

15% Χρήση + 15% Ανά Έτος				
NPV				
ΕΕ χρηματοδότηση	0.00%	30.00%	50.00%	70.00%
Χωρίς Φορροαπαλλαγές				
Χωρίς Φ/Β πάρκο	-10,542,791.17	-8,467,482.80	-7,083,943.88	-5,700,404.97
Φ/Β πάρκο 1	-12,245,441.69	-9,470,695.32	-7,620,864.40	-5,771,033.49
Φ/Β πάρκο 2	-3,611,219.01	-836,472.64	1,013,358.28	2,863,189.19
Περιβαλλοντικά Οφέλη	145,859,817.39	147,935,125.76	149,318,664.67	150,702,203.58
Με Φορροαπαλλαγές				
Χωρίς Φ/Β πάρκο	-4,617,614.72	-2,542,306.35	-1,158,767.44	224,771.48
Φ/Β πάρκο 1	-8,733,468.81	-5,958,722.44	-4,108,891.53	-2,259,060.61
Φ/Β πάρκο 2	-124,448.65	2,650,297.73	4,500,128.64	6,349,959.55
Περιβαλλοντικά Οφέλη	151,784,636.42	153,859,944.49	155,243,483.21	156,627,021.92

Η ποσοστιαία τιμή στο μοντέλο του ποσοστού χρήσης του CI εισήχθη για να γίνει μια πιο ορθολογική προσέγγιση της αγοράς. Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει το απαισιόδοξο σενάριο μόνο σύμφωνα με το οποίο μόνο 15% των πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι της Σούδας να διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό για τη χρήση των εγκαταστάσεων CI κατά τον πρώτο χρόνο της υλοποίησης του έργου και θα υπάρχει μια αύξηση 15%για κάθε επόμενο έτος, μέχρι να φτάσει φυσικά το 100% της εκμετάλευσης του CI. Σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα

δείχνουν ότι και πάλι χωρίς φορολογική εξαίρεση η απώλεια για το λιμάνι θα είναι τεράστια, με μόνη εξαίρεση τη χρηματοδότηση της ΕΕ κατά 70% του φωτοβολταϊκού πάρκου(2) (Net Metering Exception). Επιπλέον, ακόμη και με φορολογικές απαλλαγές μόνο με Ευρωπαϊκή χρηματοδότηση και ένα φωτοβολταϊκό πάρκο(2)(Net Metering Exception) θα ήταν κερδοφόρο. Αξιοσημείωτο είναι η πτώση των περιβαλλοντικών οφελών για τη Σούδα, οικονομικά συνεπώς και περιβαλλοντικά και το γεγονός ότι η μέγιστη εκμετάλευση του συστήματος CI θα επιτευχθεί 15 χρόνια μετά την εγκατάσταση.

Σενάριο 3: 25% αρχική χρήση του CI και 20% αύξηση κάθε χρόνο

25% Χρήση + 20% Ανά Έτος				
NPV				
ΕΕ χρηματοδότηση	0.00%	30.00%	50.00%	70.00%
Χωρίς Φοροαπαλλαγές				
Χωρίς Φ/Β πάρκο	-9,073,538.85	-6,998,230.48	-5,614,691.57	-4,231,152.65
Φ/Β πάρκο 1	-10,802,728.20	-8,027,981.83	-6,178,150.92	-4,328,320.00
Φ/Β πάρκο 2	-2,168,512.62	606,233.75	2,456,064.67	4,305,895.58
Περιβαλλοντικά Οφέλη	228,657,087.21	230,732,395.58	232,115,934.50	233,499,473.41
Με Φοροαπαλλαγές				
Χωρίς Φ/Β πάρκο	-1,181,453.46	893,854.91	2,277,393.82	3,660,932.74
Φ/Β πάρκο 1	-5,980,020.06	-3,205,273.69	-1,355,442.77	494,388.14
Φ/Β πάρκο 2	2,654,192.18	5,428,938.55	7,278,769.47	9,128,600.38
Περιβαλλοντικά Οφέλη	236,549,173.60	238,624,481.67	240,008,020.39	241,391,559.10

Αυτό είναι ένα πιο αισιόδοξο σενάριο, καθώς η αρχική ποσοστιαία εκμετάλευση του CI είναι 25% και αυξάνεται 20% κάθε χρόνο. Με αυτό τον τρόπο θα έχουμε πιο άμεσα την πλήρη εκμετάλευση της επένδυσης μας, όπου θα έχουμε πλήρη εκμετάλευση του CI στα πρώτα 10 χρόνια. Οι κερδοφόρες περιπτώσεις για το λιμάνι της Σούδας είναι και πάλι αυτές της ύπαρξης φωτοβολταϊκού πάρκου(2) και φοροαπαλλαγών ή μειώσεων στα ενεργειακά τέλη.

4.7 Συμπεράσματα

Στον σύγχρονο κόσμο, η ανάγκη για σεβασμό και προστασία του περιβάλλοντος αυξάνεται συνεχώς. Για το λόγο αυτό, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός διαφορετικών αρχών, που έχουν δεσμευτεί για την προστασία και τη διατήρηση του οικοσυστήματος. Έτσι, όσον αφορά τα λιμάνια και τους πλοιοκτήτες, οι εναλλακτικοί τρόποι μείωσης των εκπομπών από τα πλοία γνώρισαν μια τεχνολογική επανάσταση. Ωστόσο, τέτοιες τεχνολογικές βελτιώσεις έχουν υψηλό τίμημα. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε ένα οικονομικό μοντέλο διαχείρισης και τιμολόγισης της ενέργειας γενικότερα στα ελλιμενισμένα πλοία καθώς και πραγματοποιήθηκε μια οικονομική μελέτη για την δυνατότητα εγκατάστασης Cold Ironing στο λιμάνι των Χανίων, τη Σούδα, από πλευράς κόστους-οφέλους.

Στο λιμάνι της Σούδας πραγματοποιούνται περίπου 700 κλήσεις ετησίως, τόσο από επιβατηγά πλοία RoRo όσο και από κρουαζιερόπλοια, με μέσο χρόνο στο λιμάνι 9 ώρες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα 28.487 τόνοι ατμοσφαιρικών ρύπων να απορρίπτονται στην ατμόσφαιρα από τα πλοία κατά την παραμονή σε αγκυροβολίο. Τα επιβλαβή καυσαέρια έχουν εξαπλωθεί στην πόλη της Σούδας κατά τη διάρκεια του 2019. Με την εγκατάσταση του συστήματος Cold Ironing στο λιμάνι της Σούδας, θα μειωθούν δραστικά οι εκπομπές από τα πλοία λόγω της μη χρήσης καυσίμων σε βοηθητική μηχανή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, η ατμοσφαιρική ρύπανση θα μειωθεί ενώ η ποιότητα του αέρα θα αυξηθεί.

Λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο των πλοίων που ελλιμενίζονται στο λιμάνι, τη συχνότητα της επίσκεψής τους, τη διάρκεια παραμονής τους καθώς και την τοπογραφική διαμόρφωση του λιμανιού, προτείνεται ένα σύστημα Cold Ironing τριών σημείων. Τα δύο σημεία σύνδεσης απευθύνονται σε επιβατηγά πλοία και ένα σε κρουαζιερόπλοια. Η συνολική ισχύς της εγκατάστασης είναι 20 MVA και η συνολική επένδυση υπολογίζεται σε 6.917.694,57 ευρώ με ετήσιο κόστος συντήρησης 447.530 ευρώ.

Από την άποψη των τιμών ενέργειας, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην ξηρά σύμφωνα με το τιμολόγιο της ΔΕΗ είναι περίπου 0,0953 €/kWh. Από την άλλη, οι πλοιοκτήτες θα αγοράζουν την ενέργεια με σταθερή τιμή 0,12 €/kWh.

Η σημαντικά υψηλότερη τιμή του CI είναι αρνητικός παράγοντας για την τοποθέτησή του. Αυτό συμβαίνει επειδή οι πλοιοκτήτες δεν θα είναι διατεθειμένοι να το χρησιμοποιήσουν αντί του MGO. Αν αναλογιστεί κανείς το κόστος μετασκευής των πλοίων που δεν είναι ήδη εξοπλισμένα με σύστημα σύνδεσης CI που μπορεί να φτάσει ακόμη και το ένα εκατομμύριο ευρώ ανάλογα με την κατηγορία και το μέγεθος του πλοίου, το σενάριο χρήσης του CI γίνεται πιο μακρινό.

Από τότε που έγινε αντιληπτό αυτό το πρόβλημα, εξετάστηκαν διάφορες εναλλακτικές λύσεις. Αυτό περιλαμβάνει φορολογική εξαίρεση ή εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών πάρκων, προκειμένου να καταστεί το CI ανταγωνιστική λύση για τους πλοιοκτήτες. Η ιδανική λύση θα ήταν αυτή του ελληνικού δημοσίου να μειώσει τα τέλη για να το καταστήσει ανταγωνιστικό και να δώσει κίνητρο στο λιμεναρχείο να κάνει την επένδυση.

Εξετάστηκε επίσης η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου. Ιδανικά το μέγεθός του θα πρέπει να είναι αρκετό για να καλύψει τη ζήτηση ισχύος του CI ώστε να έχουμε ένα λιμάνι μηδενικών εκπομπών. Ωστόσο, ο διαθέσιμος χώρος καθώς και το κόστος μιας τέτοιας επένδυσης την καθιστά παράλογη. Ωστόσο, η υλοποίηση φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 3 MW για την κάλυψη μέρους της ενεργειακής ζήτησης και εξόδων είναι λογικό μέγεθος. Η επένδυση αυτή υπολογίζεται στα 2.331.460 ευρώ με ετήσια συντήρηση 40.000 ευρώ.

Στη μελέτη περίπτωσης, το κόστος επένδυσης για το σύστημα Cold Ironing και το φωτοβολταϊκό πάρκο αναλύθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας σε σχέση με τρία διαφορετικά σενάρια που διαφέρουν ως προς τη χρήση (%) του συστήματος Cold Ironing ανά έτος.

Και στα τρία σενάρια, ανεξάρτητα από τη συμμετοχή της ΕΕ στη χρηματοδότηση της επένδυσης, η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας παρουσίασε αρνητικές αξίες. Ωστόσο, ορισμένα από τα σενάρια, όπου χορηγήθηκε φορολογική εξαίρεση για την ηλεκτρική ενέργεια, παρουσίασαν θετικά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα το σενάριο με πάρκο 3 MW Net metering exception.

Ωστόσο, ακόμη και αν δεν επιτευχθεί το ιδανικό σενάριο μιας επένδυσης με θετική Καθαρή Παρούσα Αξία, η επένδυση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη λόγω του μεγάλου περιβαλλοντικού κέρδους που προκύπτει. Ειδικά, στο απαισιόδοξο σενάριο όπου σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζονται αρνητικά NPV, η υλοποίηση του έργου θα πρέπει να προχωρήσει, λαμβάνοντας υπόψη τα εξωτερικά οφέλη.

Καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αποδείξει τα τελευταία χρόνια ότι υποστηρίζει παρόμοιες περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες, είναι περισσότερο από πιθανό ότι ένα μέρος της επένδυσης θα χρηματοδοτηθεί από την ΕΕ. Ειδικά εάν εγκατασταθεί το φωτοβολταϊκό πάρκο, η όλη επένδυση θα συμμορφώνεται με πολλά από τα κριτήρια της ΕΕ για τη χορήγηση κεφαλαίου.

Για τους σκοπούς αυτής της μελέτης, έπρεπε να γίνουν αρκετές υποθέσεις. Επιπλέον, όλοι οι οικονομικοί υπολογισμοί σε αυτή τη διπλωματική είναι ασταθείς και μπορεί να διαφέρουν από διαφορετική άποψη.

Συμπερασματικά, το Cold Ironing είναι μια δραστική λύση προστασίας του περιβάλλοντος. Τόσο η αποτελεσματικότητα όσο και τα πλεονεκτήματα του έργου έχουν αποδειχθεί. Ωστόσο, αυτά τα οφέλη συνοδεύονται από υψηλό τίμημα. Έτσι, οι χώρες θα πρέπει να υποχρεωθούν να υποστηρίξουν μέρος του κόστους εισάγοντας ειδικές εξαιρέσεις όσον αφορά το ενεργειακό τέλος και τη φορολογία. Επιπλέον, παρόλο που βραχυπρόθεσμα ένα τέτοιο έργο μπορεί να φαίνεται ασύμφορο, σε μακροπρόθεσμη προοπτική είναι ακριβώς το αντίθετο. Τέλος, εάν ακολουθηθεί μια τέτοια πολιτική, η επένδυση για τις λιμενικές αρχές θα μπορούσε να είναι τουλάχιστον στο brake even, αν όχι κερδοφόρα, καθώς αυτού του είδους τα έργα έχουν τη δυνατότητα να αποτελέσουν σημείο αναφοράς για άλλα λιμάνια, με αποτέλεσμα μια παγκόσμια ταχύτερη εξάπλωση του λιμανιού με ηλεκτροδότηση και Cold Ironing.

5 Πίνακες δεδομένων

100% no PV

A/A	Χρονιά	kWh	Έσοδα εν.	Έξοδα εν.	Έσοδα-Έξοδα	PV	Έξοδα χωρίς ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα	PV	Περιβαλλοντικά Οφέλη	Έσοδα+Περ-Έξοδα	Έσοδα+Περ-Έξοδα χωρίς ΦΠΑ	PV	PV
0														
1	2022	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-28,894.12	1,285,156.19	743,385.35	290,054.26	8,860,663.01	9,278,721.01	9,604,048.36	8,658,030.40	8,976,978.78
2	2023	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-28,327.57	1,285,156.19	743,385.35	284,366.93	9,037,876.27	9,455,934.27	9,781,261.62	8,658,596.95	8,971,291.45
3	2024	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-27,772.12	1,285,156.19	743,385.35	278,791.10	9,218,633.80	9,636,691.80	9,962,019.15	8,659,152.40	8,965,715.62
4	2025	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-27,227.57	1,285,156.19	743,385.35	273,324.61	9,403,006.47	9,821,064.47	10,146,391.82	8,659,696.95	8,960,249.13
5	2026	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-26,693.70	1,285,156.19	743,385.35	267,965.31	9,591,066.60	10,009,124.60	10,334,451.95	8,660,230.82	8,954,889.83
6	2027	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-26,170.29	1,285,156.19	743,385.35	262,711.08	9,782,887.93	10,200,945.93	10,526,273.28	8,660,754.23	8,949,635.60
7	2028	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-25,657.15	1,285,156.19	743,385.35	257,559.89	9,978,545.69	10,396,603.69	10,721,931.04	8,661,267.37	8,944,484.41
8	2029	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-25,154.07	1,285,156.19	743,385.35	252,509.69	10,178,116.61	10,596,174.61	10,921,501.96	8,661,770.45	8,939,434.21
9	2030	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-24,660.85	1,285,156.19	743,385.35	247,558.52	10,381,678.94	10,799,736.94	11,125,064.29	8,662,263.67	8,934,483.04
10	2031	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-24,177.31	1,285,156.19	743,385.35	242,704.43	10,589,312.52	11,007,370.52	11,332,697.87	8,662,747.21	8,929,628.95
11	2032	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-23,703.24	1,285,156.19	743,385.35	237,945.52	10,801,098.77	11,219,156.77	11,544,484.12	8,663,221.28	8,924,870.04
12	2033	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-23,238.47	1,285,156.19	743,385.35	233,279.92	11,017,120.74	11,435,178.74	11,760,506.09	8,663,686.05	8,920,204.44
13	2034	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-22,782.81	1,285,156.19	743,385.35	228,705.81	11,237,463.16	11,655,521.16	11,980,848.51	8,664,141.71	8,915,630.33
14	2035	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-22,336.09	1,285,156.19	743,385.35	224,221.38	11,462,212.42	11,880,270.42	12,205,597.77	8,664,588.43	8,911,145.90
15	2036	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-21,898.13	1,285,156.19	743,385.35	219,824.88	11,691,456.67	12,109,514.67	12,434,842.02	8,665,026.39	8,906,749.40
16	2037	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-21,468.76	1,285,156.19	743,385.35	215,514.59	11,925,285.80	12,343,343.80	12,668,671.15	8,665,455.76	8,902,439.11
17	2038	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-21,047.80	1,285,156.19	743,385.35	211,288.81	12,163,791.52	12,581,849.52	12,907,176.87	8,665,876.72	8,898,213.33
18	2039	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-20,635.10	1,285,156.19	743,385.35	207,145.90	12,407,067.35	12,825,125.35	13,150,452.70	8,666,289.42	8,894,070.42
19	2040	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-20,230.49	1,285,156.19	743,385.35	203,084.21	12,655,208.70	13,073,266.70	13,398,594.05	8,666,694.03	8,890,008.73
20	2041	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-19,833.81	1,285,156.19	743,385.35	199,102.17	12,908,312.87	13,326,370.87	13,651,698.22	8,667,090.71	8,886,026.69
21	2042	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-19,444.91	1,285,156.19	743,385.35	195,198.21	13,166,479.13	13,584,537.13	13,909,864.48	8,667,479.61	8,882,122.72
22	2043	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-19,063.64	1,285,156.19	743,385.35	191,370.79	13,429,808.71	13,847,866.71	14,173,194.06	8,667,860.88	8,878,295.31
23	2044	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-18,689.84	1,285,156.19	743,385.35	187,618.42	13,698,404.88	14,116,462.88	14,441,790.23	8,668,234.68	8,874,542.94
24	2045	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-18,323.38	1,285,156.19	743,385.35	183,939.63	13,972,372.98	14,390,430.98	14,715,758.33	8,668,601.14	8,870,864.15
25	2046	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-17,964.09	1,285,156.19	743,385.35	180,332.97	14,251,820.44	14,669,878.44	14,995,205.79	8,668,960.43	8,867,257.49
26	2047	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-17,611.86	1,285,156.19	743,385.35	176,797.03	14,536,856.85	14,954,914.85	15,280,242.20	8,669,312.66	8,863,721.55
27	2048	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-17,266.53	1,285,156.19	743,385.35	173,330.42	14,827,593.99	15,245,651.99	15,570,979.34	8,669,657.99	8,860,254.94
28	2049	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-16,927.97	1,285,156.19	743,385.35	169,931.78	15,124,145.87	15,542,203.87	15,867,531.22	8,669,996.55	8,856,856.30
29	2050	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-16,596.05	1,285,156.19	743,385.35	166,599.79	15,426,628.78	15,844,686.78	16,170,014.13	8,670,328.47	8,853,524.31
30	2051	16,904,512.81	2,028,541.54	1,610,483.54	418,058.00	-16,270.63	1,285,156.19	743,385.35	163,333.13	15,735,161.36	16,153,219.36	16,478,546.71	8,670,653.89	8,850,257.65
					Investment	-6,917,694.57		Investment	-6,917,694.57			Investment	-6,917,694.57	-6,917,693.57
					NPv1	-7,577,762.91		NPV 2	-291,583.37			NVP 3 | NPV 4	253,029,972.68	260,316,153.21
					30%	-5,502,454.54		30%	1,783,725.00			30%	255,105,281.05	262,391,461.29
					50%	-4,118,915.62		50%	3,167,263.91			50%	256,488,819.97	263,775,000.00
					70%	-2,735,376.71		70%	4,550,802.82			70%	257,872,358.88	265,158,538.71

15% no PV

A/A	Έτος	kWh	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα no ΦΠΑ	PV	Περιβαλλοντικά Οφέλη	Έσοδα-Έξοδα +Περ	Έσοδα-Έξοδα +Περ no ΦΠΑ	PV	PV
0														
1	2022	2,535,676.92	304,281.23	241,650.01	62,631.22	-377,351.75	183,654.01	120,627.22	-320,492.92	1,329,099.45	1,391,730.67	1,449,726.67	925,686.93	982,545.76
2	2023	2,916,028.46	349,923.42	277,897.51	72,025.90	-360,922.82	211,202.11	138,721.31	-296,817.28	1,528,464.37	1,600,490.27	1,667,185.68	1,108,189.42	1,172,294.96
3	2024	3,353,432.73	402,411.93	319,582.14	82,829.79	-343,665.15	242,882.43	159,529.50	-271,389.30	1,757,734.02	1,840,563.81	1,917,263.53	1,312,686.87	1,384,962.73
4	2025	3,856,447.64	462,773.72	367,519.46	95,254.26	-325,448.33	279,314.79	183,458.93	-243,960.85	2,021,394.13	2,116,648.38	2,204,853.06	1,542,007.39	1,623,494.87
5	2026	4,434,914.78	532,189.77	422,647.38	109,542.40	-306,125.79	321,212.01	210,977.77	-214,252.65	2,324,603.25	2,434,145.64	2,535,581.01	1,799,338.99	1,891,212.14
6	2027	5,100,152.00	612,018.24	486,044.49	125,973.75	-285,532.74	369,393.81	242,624.43	-181,950.28	2,673,293.73	2,799,267.49	2,915,918.17	2,088,275.59	2,191,858.05
7	2028	5,865,174.80	703,820.98	558,951.16	144,869.82	-263,483.90	424,802.88	279,018.10	-146,699.75	3,074,287.79	3,219,157.61	3,353,305.89	2,412,868.63	2,529,652.78
8	2029	6,744,951.02	809,394.12	642,793.83	166,600.29	-239,770.80	488,523.31	320,870.81	-108,102.40	3,535,430.96	3,702,031.25	3,856,301.77	2,777,685.48	2,909,353.89
9	2030	7,756,693.67	930,803.24	739,212.91	191,590.33	-214,158.86	561,801.81	369,001.43	-65,709.19	4,065,745.61	4,257,335.94	4,434,747.04	3,187,875.18	3,336,324.85
10	2031	8,920,197.73	1,070,423.73	850,094.84	220,328.88	-186,384.05	646,072.08	424,351.65	-19,014.32	4,675,607.45	4,895,936.33	5,099,959.10	3,649,242.57	3,816,612.30
11	2032	10,258,227.39	1,230,987.29	977,609.07	253,378.22	-156,149.10	742,982.89	488,004.39	32,552.06	5,376,948.57	5,630,326.78	5,864,952.96	4,168,331.89	4,357,033.05
12	2033	11,796,961.49	1,415,635.38	1,124,250.43	291,384.95	-123,119.31	854,430.33	561,205.05	89,632.00	6,183,490.85	6,474,875.80	6,744,695.90	4,752,521.03	4,965,272.34
13	2034	13,566,505.72	1,627,980.69	1,292,887.99	335,092.69	-86,917.70	982,594.88	645,385.81	152,948.98	7,111,014.48	7,446,107.17	7,756,400.29	5,410,127.78	5,649,994.46
14	2035	15,601,481.57	1,872,177.79	1,486,821.19	385,356.59	-47,119.67	1,129,984.11	742,193.68	223,318.24	8,177,666.65	8,563,023.25	8,919,860.33	6,150,529.64	6,420,967.56
15	2036	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-22,281.92	1,224,360.05	804,181.48	264,997.31	9,404,316.65	9,821,858.12	10,208,498.13	6,965,263.87	7,252,543.10
16	2037	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-21,845.02	1,224,360.05	804,181.48	259,801.28	9,592,402.98	10,009,944.45	10,396,584.47	6,965,700.78	7,247,347.08
17	2038	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-21,416.69	1,224,360.05	804,181.48	254,707.14	9,784,251.04	10,201,792.51	10,588,432.53	6,966,129.11	7,242,252.93
18	2039	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-20,996.75	1,224,360.05	804,181.48	249,712.88	9,979,936.06	10,397,477.53	10,784,117.55	6,966,549.04	7,237,258.68
19	2040	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-20,585.05	1,224,360.05	804,181.48	244,816.55	10,179,534.79	10,597,076.25	10,983,716.27	6,966,960.74	7,232,362.35
20	2041	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-20,181.42	1,224,360.05	804,181.48	240,016.22	10,383,125.48	10,800,666.95	11,187,306.96	6,967,364.37	7,227,562.02
21	2042	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-19,785.71	1,224,360.05	804,181.48	235,310.02	10,590,787.99	11,008,329.46	11,394,969.47	6,967,760.09	7,222,855.82
22	2043	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-19,397.75	1,224,360.05	804,181.48	230,696.10	10,802,603.75	11,220,145.22	11,606,785.23	6,968,148.04	7,218,241.90
23	2044	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-19,017.41	1,224,360.05	804,181.48	226,172.65	11,018,655.83	11,436,197.29	11,822,837.31	6,968,528.39	7,213,718.45
24	2045	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-18,644.52	1,224,360.05	804,181.48	221,737.89	11,239,028.94	11,656,570.41	12,043,210.43	6,968,901.28	7,209,283.69
25	2046	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-18,278.94	1,224,360.05	804,181.48	217,390.09	11,463,809.52	11,881,350.99	12,267,991.00	6,969,266.86	7,204,935.89
26	2047	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-18,278.94	1,224,360.05	804,181.48	213,127.54	11,693,085.71	12,110,627.18	12,497,267.19	6,969,625.27	7,200,673.34
27	2048	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-17,569.14	1,224,360.05	804,181.48	208,948.57	11,926,947.43	12,344,488.89	12,731,128.91	6,969,976.65	7,196,494.36
28	2049	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-17,224.65	1,224,360.05	804,181.48	204,851.54	12,165,486.37	12,583,027.84	12,969,667.86	6,970,321.15	7,192,397.33
29	2050	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-16,886.91	1,224,360.05	804,181.48	200,834.84	12,408,796.10	12,826,337.57	13,212,977.58	6,970,658.88	7,188,380.64
30	2051	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-16,555.80	1,224,360.05	804,181.48	196,896.90	12,656,972.02	13,074,513.49	13,461,153.51	6,970,990.00	7,184,442.70
					Investment	-6,917,694.57		Investment	-6,917,694.57			Investment	-6,917,694.57	-6,917,693.57
					NPv1	-10,542,791.17		NPV 2	-4,617,614.72			NVP 3 | NPV 4	145,859,817.39	151,784,636.42
					30%	-8,467,482.80		30%	-2,542,306.35			30%	147,935,125.76	153,859,944.49
					50%	-7,083,943.88		50%	-1,158,767.44			50%	149,318,664.67	155,243,483.21
					70%	-5,700,404.97		70%	224,771.48			70%	150,702,203.58	156,627,021.92

25% no PV

A/A	Έτος	kWh	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα no ΦΠΑ	PV	Περιβαλλοντικά Οφέλη	Έσοδα – Έξοδα + περι	Έσοδα – Έξοδα + περι no ΦΠΑ	PV	PV
0														
1	2022	4,226,128.20	507,135.38	402,750.02	104,385.37	-336,416.31	298,035.01	209,100.37	-233,754.54	2,215,165.75	2,319,551.12	2,424,266.12	1,835,314.82	1,937,976.59
2	2023	5,071,353.84	608,562.46	483,300.02	125,262.44	-309,753.52	357,642.02	250,920.45	-188,974.97	2,658,198.90	2,783,461.34	2,909,119.35	2,245,224.28	2,366,002.83
3	2024	6,085,624.61	730,274.95	579,960.03	150,314.93	-280,072.40	429,170.42	301,104.53	-137,979.99	3,189,838.68	3,340,153.61	3,490,943.22	2,725,783.83	2,867,876.25
4	2025	7,302,749.53	876,329.94	695,952.03	180,377.91	-246,807.23	515,004.50	361,325.44	-79,639.69	3,827,806.42	4,008,184.33	4,189,131.86	3,289,494.22	3,456,661.77
5	2026	8,763,299.44	1,051,595.93	835,142.44	216,453.50	-209,293.11	618,005.40	433,590.53	-12,625.41	4,593,367.70	4,809,821.20	5,026,958.23	3,951,061.54	4,147,729.24
6	2027	10,515,959.33	1,261,915.12	1,002,170.92	259,744.20	-166,748.42	741,606.48	520,308.64	64,625.35	5,512,041.25	5,771,785.44	6,032,349.88	4,727,786.46	4,959,160.23
7	2028	12,619,151.19	1,514,298.14	1,202,605.11	311,693.03	-118,254.25	889,927.78	624,370.36	153,950.18	6,614,449.49	6,926,142.53	7,238,819.86	5,640,022.08	5,912,226.51
8	2029	15,142,981.43	1,817,157.77	1,443,126.13	374,031.64	-62,730.14	1,067,913.34	749,244.44	257,510.37	7,937,339.39	8,311,371.03	8,686,583.83	6,711,712.60	7,031,953.11
9	2030	18,171,577.72	2,180,589.33	1,731,751.36	448,837.97	1,094.45	1,281,496.00	899,093.32	377,847.99	9,524,807.27	9,973,645.24	10,423,900.59	7,971,027.09	8,347,780.63
10	2031	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-24,601.04	1,192,140.05	836,401.48	319,010.06	11,429,768.73	11,847,310.19	12,266,170.21	9,351,790.30	9,695,401.40
11	2032	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-24,118.67	1,192,140.05	836,401.48	312,754.96	11,658,364.10	12,075,905.57	12,494,765.59	9,352,272.67	9,689,146.30
12	2033	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-23,645.75	1,192,140.05	836,401.48	306,622.51	11,891,531.38	12,309,072.85	12,727,932.87	9,352,745.59	9,683,013.85
13	2034	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-23,182.11	1,192,140.05	836,401.48	300,610.31	12,129,362.01	12,546,903.48	12,965,763.50	9,353,209.23	9,677,001.65
14	2035	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-22,727.56	1,192,140.05	836,401.48	294,715.99	12,371,949.25	12,789,490.72	13,208,350.74	9,353,663.78	9,671,107.33
15	2036	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-22,281.92	1,192,140.05	836,401.48	288,937.24	12,619,388.24	13,036,929.70	13,455,789.72	9,354,109.42	9,665,328.58
16	2037	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-21,845.02	1,192,140.05	836,401.48	283,271.81	12,871,776.00	13,289,317.47	13,708,177.49	9,354,546.32	9,659,663.15
17	2038	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-21,416.69	1,192,140.05	836,401.48	277,717.46	13,129,211.52	13,546,752.99	13,965,613.01	9,354,974.65	9,654,108.80
18	2039	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-20,996.75	1,192,140.05	836,401.48	272,272.02	13,391,795.75	13,809,337.22	14,228,197.24	9,355,394.59	9,648,663.36
19	2040	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-20,585.05	1,192,140.05	836,401.48	266,933.35	13,659,631.67	14,077,173.13	14,496,033.15	9,355,806.29	9,643,324.69
20	2041	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-20,181.42	1,192,140.05	836,401.48	261,699.36	13,932,824.30	14,350,365.77	14,769,225.78	9,356,209.92	9,638,090.70
21	2042	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-19,785.71	1,192,140.05	836,401.48	256,568.00	14,211,480.79	14,629,022.25	15,047,882.27	9,356,605.63	9,632,959.34
22	2043	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-19,397.75	1,192,140.05	836,401.48	251,537.26	14,495,710.40	14,913,251.87	15,332,111.89	9,356,993.59	9,627,928.60
23	2044	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-19,017.41	1,192,140.05	836,401.48	246,605.15	14,785,624.61	15,203,166.08	15,622,026.09	9,357,373.94	9,622,996.50
24	2045	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-18,644.52	1,192,140.05	836,401.48	241,769.76	15,081,337.10	15,498,878.57	15,917,738.59	9,357,746.83	9,618,161.10
25	2046	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-18,278.94	1,192,140.05	836,401.48	237,029.17	15,382,963.84	15,800,505.31	16,219,365.33	9,358,112.41	9,613,420.52
26	2047	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-17,920.53	1,192,140.05	836,401.48	232,381.54	15,690,623.12	16,108,164.59	16,527,024.60	9,358,470.82	9,608,772.89
27	2048	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-17,569.14	1,192,140.05	836,401.48	227,825.04	16,004,435.58	16,421,977.05	16,840,837.07	9,358,822.20	9,604,216.39
28	2049	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-17,224.65	1,192,140.05	836,401.48	223,357.89	16,324,524.29	16,742,065.76	17,160,925.78	9,359,166.69	9,599,749.23
29	2050	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-16,886.91	1,192,140.05	836,401.48	218,978.32	16,651,014.78	17,068,556.25	17,487,416.26	9,359,504.43	9,595,369.66
30	2051	16,904,512.81	2,028,541.54	1,611,000.07	417,541.47	-16,555.80	1,192,140.05	836,401.48	214,684.63	16,984,035.08	17,401,576.54	17,820,436.56	9,359,835.55	9,591,075.97
					Investment	-6,917,694.57		Investment	-6,917,694.57			Investment	-6,917,694.57	-6,917,693.57
					NPv1	-9,073,538.85		NPV 2	-1,181,453.46			NVP 3 | NPV 4	228,657,087.21	236,549,173.60
					30%	-6,998,230.48		30%	893,854.91			30%	230,732,395.58	238,624,481.67
					50%	-5,614,691.57		50%	2,277,393.82			50%	232,115,934.50	240,008,020.39
					70%	-4,231,152.65		70%	3,660,932.74			70%	233,499,473.41	241,391,559.10

100% PV 1

A/A	Έτος	kWh	KW-PV	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	σοδα-Έξοδα no Φ	PV
0										
1	2022	16,904,483.81	5,405,140.00	1,590,721.72	1,095,887.47	494,834.25	7,161.03	832,874.47	757,847.24	265,016.91
2	2023	16,904,484.81	5,351,088.60	1,595,100.00	1,101,038.66	494,061.34	6,277.72	836,789.38	758,310.62	260,265.88
3	2024	16,904,485.81	5,297,577.71	1,599,434.50	1,106,138.34	493,296.16	5,433.58	840,665.14	758,769.36	255,594.91
4	2025	16,904,486.81	5,244,601.94	1,603,725.66	1,111,187.03	492,538.63	4,627.20	844,502.14	759,223.52	251,002.81
5	2026	16,904,487.81	5,192,155.92	1,607,973.91	1,116,185.23	491,788.68	3,857.22	848,300.77	759,673.13	246,488.42
6	2027	16,904,488.81	5,140,234.36	1,612,179.67	1,121,133.45	491,046.22	3,122.31	852,061.42	760,118.25	242,050.57
7	2028	16,904,489.81	5,088,832.01	1,616,343.38	1,126,032.19	490,311.20	2,421.20	855,784.46	760,558.92	237,688.11
8	2029	16,904,490.81	5,037,943.69	1,620,465.46	1,130,881.94	489,583.52	1,752.66	859,470.27	760,995.18	233,399.90
9	2030	16,904,491.81	4,987,564.26	1,624,546.31	1,135,683.20	488,863.12	1,115.49	863,119.23	761,427.08	229,184.83
10	2031	16,904,492.81	4,937,688.62	1,628,586.36	1,140,436.44	488,149.92	508.55	866,731.69	761,854.67	225,041.77
11	2032	16,904,493.81	4,888,311.73	1,632,586.01	1,145,142.15	487,443.85	-69.28	870,308.04	762,277.97	220,969.64
12	2033	16,904,494.81	4,839,428.61	1,636,545.66	1,149,800.81	486,744.85	-619.08	873,848.61	762,697.05	216,967.34
13	2034	16,904,495.81	4,791,034.33	1,640,465.72	1,154,412.88	486,052.84	-1,141.89	877,353.79	763,111.93	213,033.79
14	2035	16,904,496.81	4,743,123.98	1,644,346.57	1,158,978.83	485,367.74	-1,638.72	880,823.91	763,522.66	209,167.95
15	2036	16,904,497.81	4,695,692.74	1,648,188.63	1,163,499.12	484,689.50	-2,110.53	884,259.33	763,929.29	205,368.75
16	2037	16,904,498.81	4,648,735.82	1,651,992.26	1,167,974.21	484,018.04	-2,558.27	887,660.40	764,331.85	201,635.15
17	2038	16,904,499.81	4,602,248.46	1,655,757.85	1,172,404.55	483,353.30	-2,982.84	891,027.46	764,730.39	197,966.14
18	2039	16,904,500.81	4,556,225.97	1,659,485.79	1,176,790.59	482,695.20	-3,385.13	894,360.85	765,124.94	194,360.70
19	2040	16,904,501.81	4,510,663.71	1,663,176.46	1,181,132.77	482,043.69	-3,765.97	897,660.91	765,515.55	190,817.83
20	2041	16,904,502.81	4,465,557.08	1,666,830.21	1,185,431.53	481,398.69	-4,126.20	900,927.96	765,902.25	187,336.55
21	2042	16,904,503.81	4,420,901.50	1,670,447.44	1,189,687.30	480,760.14	-4,466.59	904,162.35	766,285.09	183,915.87
22	2043	16,904,504.81	4,376,692.49	1,674,028.49	1,193,900.51	480,127.97	-4,787.92	907,364.39	766,664.09	180,554.83
23	2044	16,904,505.81	4,332,925.56	1,677,573.73	1,198,071.60	479,502.13	-5,090.92	910,534.41	767,039.31	177,252.48
24	2045	16,904,506.81	4,289,596.31	1,681,083.52	1,202,200.97	478,882.55	-5,376.31	913,672.74	767,410.78	174,007.89
25	2046	16,904,507.81	4,246,700.35	1,684,558.21	1,206,289.05	478,269.16	-5,644.77	916,779.68	767,778.53	170,820.13
26	2047	16,904,508.81	4,204,233.34	1,687,998.16	1,210,336.25	477,661.90	-5,896.97	919,855.55	768,142.60	167,688.28
27	2048	16,904,509.81	4,162,191.01	1,691,403.71	1,214,342.98	477,060.72	-6,133.55	922,900.67	768,503.04	164,611.44
28	2049	16,904,510.81	4,120,569.10	1,694,775.20	1,218,309.65	476,465.56	-6,355.14	925,915.33	768,859.87	161,588.72
29	2050	16,904,511.81	4,079,363.41	1,698,112.98	1,222,236.64	475,876.34	-6,562.32	928,899.85	769,213.13	158,619.24
30	2051	16,904,512.81	4,038,569.77	1,701,417.39	1,226,124.37	475,293.01	-6,755.68	931,854.52	769,562.86	155,702.13
						Investment	-9,249,154.57		Investment	-9,249,154.5
						NPv1	-9,292,345.72		NPV 2	-3,071,035.6
						30%	-6,517,599.35		30%	-296,289.2
						50%	-4,667,768.43		50%	1,553,541.6
						70%	-2,817,937.52		70%	3,403,372.5

15% PV 1

A/A	Έτος	kWh	KW-PV	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα no ΦΠΑ	PV
0										
1	2022	2,535,672.72	5,405,140.00	-133,535.61	-273,460.23	139,924.62	-340,789.59	-207,829.78	74,294.16	-405,133.17
2	2023	2,916,023.63	5,351,088.60	-83,515.34	-232,061.69	148,546.35	-325,820.50	-176,366.89	92,851.54	-379,352.61
3	2024	3,353,427.17	5,297,577.71	-26,692.53	-185,277.55	158,585.01	-309,972.21	-140,810.94	114,118.40	-351,874.09
4	2025	3,856,441.25	5,244,601.94	37,960.19	-132,291.71	170,251.91	-293,115.92	-100,541.70	138,501.90	-322,448.02
5	2026	4,434,907.44	5,192,155.92	111,624.26	-72,165.78	183,790.04	-275,106.64	-54,845.99	166,470.26	-290,793.70
6	2027	5,100,143.55	5,140,234.36	195,658.24	-3,820.65	199,478.90	-255,781.14	-2,903.70	198,561.94	-256,595.37
7	2028	5,865,165.09	5,088,832.01	291,624.42	73,984.54	217,639.88	-234,955.60	56,228.25	235,396.17	-219,497.68
8	2029	6,744,939.85	5,037,943.69	401,319.34	162,676.73	238,642.61	-212,422.99	123,634.32	277,685.03	-179,100.67
9	2030	7,756,680.83	4,987,564.26	526,808.99	263,896.81	262,912.19	-187,950.14	200,561.57	326,247.42	-134,954.05
10	2031	8,920,182.95	4,937,688.62	670,469.18	379,531.71	290,937.47	-161,274.35	288,444.10	382,025.08	-86,550.78
11	2032	10,258,210.39	4,888,311.73	835,032.00	511,751.34	323,280.65	-132,099.68	388,931.02	446,100.98	-33,319.83
12	2033	11,796,941.95	4,839,428.61	1,023,639.32	663,051.02	360,588.30	-100,092.67	503,918.78	519,720.54	25,382.02
13	2034	13,566,483.25	4,791,034.33	1,239,904.21	836,300.28	403,603.93	-64,877.58	635,588.21	604,315.99	90,279.37
14	2035	15,601,455.73	4,743,123.98	1,487,981.65	1,034,799.02	453,182.63	-26,031.01	786,447.25	701,534.39	162,188.58
15	2036	16,904,512.81	4,695,692.74	1,648,190.43	1,163,500.55	484,689.87	-2,110.26	884,260.42	763,930.01	205,369.28
16	2037	16,904,512.81	4,648,735.82	1,651,993.94	1,167,975.55	484,018.39	-2,558.02	887,661.42	764,332.52	201,635.64
17	2038	16,904,512.81	4,602,248.46	1,655,759.41	1,172,405.79	483,353.62	-2,982.61	891,028.40	764,731.01	197,966.58
18	2039	16,904,512.81	4,556,225.97	1,659,487.23	1,176,791.74	482,695.50	-3,384.92	894,361.72	765,125.51	219,566.84
19	2040	16,904,512.81	4,510,663.71	1,663,177.78	1,181,133.82	482,043.96	-3,765.79	897,661.70	765,516.07	190,818.19
20	2041	16,904,512.81	4,465,557.08	1,666,831.41	1,185,432.48	481,398.93	-4,126.03	900,928.69	765,902.73	187,336.87
21	2042	16,904,512.81	4,420,901.50	1,670,448.52	1,189,688.16	480,760.36	-4,466.45	904,163.00	766,285.52	183,916.15
22	2043	16,904,512.81	4,376,692.49	1,674,029.45	1,193,901.28	480,128.17	-4,787.79	907,364.97	766,664.48	180,555.07
23	2044	16,904,512.81	4,332,925.56	1,677,574.57	1,198,072.26	479,502.30	-5,090.81	910,534.92	767,039.65	177,252.70
24	2045	16,904,512.81	4,289,596.31	1,681,084.24	1,202,201.54	478,882.69	-5,376.22	913,673.17	767,411.06	174,008.07
25	2046	16,904,512.81	4,246,700.35	1,684,558.81	1,206,289.53	478,269.28	-5,644.69	916,780.04	767,778.77	170,820.28
26	2047	16,904,512.81	4,204,233.34	1,687,998.64	1,210,336.63	477,662.00	-5,896.91	919,855.84	768,142.80	167,688.39
27	2048	16,904,512.81	4,162,191.01	1,691,404.07	1,214,343.27	477,060.80	-6,133.51	922,900.88	768,503.18	164,611.52
28	2049	16,904,512.81	4,120,569.10	1,694,775.44	1,218,309.84	476,465.60	-6,355.11	925,915.48	768,859.97	161,588.77
29	2050	16,904,512.81	4,079,363.41	1,698,113.10	1,222,236.74	475,876.36	-6,562.31	928,899.92	769,213.18	158,619.27
30	2051	16,904,512.81	4,038,569.77	1,701,417.39	1,226,124.37	475,293.01	-6,755.68	931,854.52	769,562.86	155,702.13
						Investment	**-9,249,154.57**		**Investment**	**-9,249,154.57**
						NPv1	**-12,245,441.69**		**NPV 2**	**-8,733,468.81**
						30%	**-9,470,695.32**		**30%**	**-5,958,722.44**
						50%	**-7,620,864.40**		**50%**	**-4,108,891.53**
						70%	**-5,771,033.49**		**70%**	**-2,259,060.61**

25% PV 1

A/A	Έτος	kWh	KW-PV	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα no ΦΠΑ	PV
0										
1	2022	4,226,128.20	5,405,140.00	69,319.04	-112,359.82	181,678.87	-299,854.05	-85,393.47	154,712.51	-326,291.66
2	2023	5,071,353.84	5,351,088.60	175,124.28	-26,658.72	201,783.01	-274,651.09	-20,260.63	195,384.91	-280,800.74
3	2024	6,085,624.61	5,297,577.71	301,171.16	75,100.87	226,070.29	-246,379.33	57,076.66	244,094.50	-229,394.71
4	2025	7,302,749.53	5,244,601.94	451,517.19	196,141.47	255,375.72	-214,474.67	149,067.51	302,449.67	-170,985.61
5	2026	8,763,299.44	5,192,155.92	631,031.30	340,329.98	290,701.33	-178,273.79	258,650.78	372,380.52	-104,294.43
6	2027	10,515,959.32	5,140,234.36	845,556.14	512,306.59	333,249.55	-136,996.63	389,353.01	456,203.13	-27,817.37
7	2028	12,619,151.19	5,088,832.01	1,102,102.75	717,639.42	384,463.33	-89,725.74	545,405.96	556,696.79	60,213.86
8	2029	15,142,981.42	5,037,943.69	1,409,084.33	963,010.10	446,074.24	-35,382.10	731,887.67	677,196.66	161,878.67
9	2030	16,904,512.81	4,987,564.26	1,624,548.83	1,135,685.20	488,863.64	1,115.93	863,120.75	761,428.08	229,185.66
10	2031	16,904,513.81	4,937,688.62	1,628,588.88	1,140,438.44	488,150.44	508.98	866,733.22	761,855.66	225,042.59
11	2032	16,904,514.81	4,888,311.73	1,632,588.53	1,145,144.15	487,444.37	-68.87	870,309.56	762,278.97	220,970.44
12	2033	16,904,515.81	4,839,428.61	1,636,548.18	1,149,802.81	486,745.37	-618.68	873,850.14	762,698.04	216,968.12
13	2034	16,904,516.81	4,791,034.33	1,640,468.24	1,154,414.88	486,053.36	-1,141.49	877,355.31	763,112.93	213,034.57
14	2035	16,904,517.81	4,743,123.98	1,644,349.09	1,158,980.83	485,368.26	-1,638.33	880,825.43	763,523.66	209,168.70
15	2036	16,904,518.81	4,695,692.74	1,648,191.15	1,163,501.12	484,690.02	-2,110.15	884,260.85	763,930.29	205,369.49
16	2037	16,904,519.81	4,648,735.82	1,651,994.78	1,167,976.21	484,018.56	-2,557.89	887,661.92	764,332.85	201,635.88
17	2038	16,904,520.81	4,602,248.46	1,655,760.37	1,172,406.56	483,353.82	-2,982.47	891,028.98	764,731.39	197,966.86
18	2039	16,904,521.81	4,556,225.97	1,659,488.31	1,176,792.59	482,695.72	-3,384.77	894,362.37	765,125.94	194,361.40
19	2040	16,904,522.81	4,510,663.71	1,663,178.98	1,181,134.77	482,044.20	-3,765.62	897,662.43	765,516.55	190,818.52
20	2041	16,904,523.81	4,465,557.08	1,666,832.73	1,185,433.53	481,399.20	-4,125.85	900,929.48	765,903.25	187,337.22
21	2042	16,904,524.81	4,420,901.50	1,670,449.96	1,189,689.30	480,760.65	-4,466.25	904,163.87	766,286.09	183,916.52
22	2043	16,904,525.81	4,376,692.49	1,674,031.01	1,193,902.52	480,128.49	-4,787.59	907,365.91	766,665.09	180,555.48
23	2044	16,904,526.81	4,332,925.56	1,677,576.25	1,198,073.60	479,502.65	-5,090.59	910,535.93	767,040.31	177,253.12
24	2045	16,904,527.81	4,289,596.31	1,681,086.04	1,202,202.97	478,883.06	-5,375.99	913,674.26	767,411.78	174,008.52
25	2046	16,904,528.81	4,246,700.35	1,684,560.73	1,206,291.05	478,269.68	-5,644.45	916,781.20	767,779.53	170,820.74
26	2047	16,904,529.81	4,204,233.34	1,688,000.68	1,210,338.25	477,662.42	-5,896.66	919,857.07	768,143.60	167,688.88
27	2048	16,904,530.81	4,162,191.01	1,691,406.23	1,214,344.98	477,061.24	-6,133.25	922,902.19	768,504.04	164,612.02
28	2049	16,904,531.81	4,120,569.10	1,694,777.72	1,218,311.65	476,466.07	-6,354.84	925,916.85	768,860.87	161,589.29
29	2050	16,904,532.81	4,079,363.41	1,698,115.50	1,222,238.64	475,876.86	-6,562.03	928,901.37	769,214.13	158,619.80
30	2051	16,904,533.81	4,038,569.77	1,701,419.91	1,226,126.37	475,293.53	-6,755.40	931,856.04	769,563.86	155,702.69
						Investment	**-9,249,154.57**		**Investment**	**-9,249,154.57**
						NPv1	**-10,802,728.20**		**NPV 2**	**-5,980,020.06**
						30%	**-8,027,981.83**		**30%**	**-3,205,273.69**
						50%	**-6,178,150.92**		**50%**	**-1,355,442.77**
						70%	**-4,328,320.00**		**70%**	**494,388.14**

100% PV 2

A/A	Έτος	kWh	KW-PV	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα no ΦΠΑ	PV
0										
1	2022	16,904,512.81	5,405,140.00	2,028,541.54	1,095,890.23	932,651.31	436,393.44	832,876.57	1,195,664.96	694,249.96
2	2023	16,904,512.81	5,351,088.60	2,028,541.54	1,101,041.33	927,500.21	422,885.63	836,791.41	1,191,750.13	676,874.40
3	2024	16,904,512.81	5,297,577.71	2,028,541.54	1,106,140.91	922,400.62	409,788.30	840,667.10	1,187,874.44	659,950.21
4	2025	16,904,512.81	5,244,601.94	2,028,541.54	1,111,189.51	917,352.03	397,089.12	844,504.02	1,184,037.51	643,465.28
5	2026	16,904,512.81	5,192,155.92	2,028,541.54	1,116,187.61	912,353.93	384,776.12	848,302.59	1,180,238.95	627,407.84
6	2027	16,904,512.81	5,140,234.36	2,028,541.54	1,121,135.74	907,405.80	372,837.70	852,063.16	1,176,478.38	611,766.44
7	2028	16,904,512.81	5,088,832.01	2,028,541.54	1,126,034.38	902,507.16	361,262.59	855,786.13	1,172,755.41	596,529.95
8	2029	16,904,512.81	5,037,943.69	2,028,541.54	1,130,884.04	897,657.50	350,039.87	859,471.87	1,169,069.67	581,687.55
9	2030	16,904,512.81	4,987,564.26	2,028,541.54	1,135,685.20	892,856.34	339,158.95	863,120.75	1,165,420.79	567,228.69
10	2031	16,904,512.81	4,937,688.62	2,028,541.54	1,140,438.35	888,103.19	328,609.54	866,733.14	1,161,808.39	553,143.13
11	2032	16,904,512.81	4,888,311.73	2,028,541.54	1,145,143.96	883,397.57	318,381.66	870,309.41	1,158,232.13	539,420.93
12	2033	16,904,512.81	4,839,428.61	2,028,541.54	1,149,802.52	878,739.01	308,465.64	873,849.92	1,154,691.62	526,052.38
13	2034	16,904,512.81	4,791,034.33	2,028,541.54	1,154,414.50	874,127.04	298,852.08	877,355.02	1,151,186.52	513,028.07
14	2035	16,904,512.81	4,743,123.98	2,028,541.54	1,158,980.36	869,561.18	289,531.89	880,825.07	1,147,716.47	500,338.84
15	2036	16,904,512.81	4,695,692.74	2,028,541.54	1,163,500.55	865,040.98	280,496.22	884,260.42	1,144,281.12	487,975.75
16	2037	16,904,512.81	4,648,735.82	2,028,541.54	1,167,975.55	860,565.99	271,736.50	887,661.42	1,140,880.12	475,930.16
17	2038	16,904,512.81	4,602,248.46	2,028,541.54	1,172,405.79	856,135.74	263,244.42	891,028.40	1,137,513.13	464,193.62
18	2039	16,904,512.81	4,556,225.97	2,028,541.54	1,176,791.74	851,749.80	255,011.91	894,361.72	1,134,179.82	452,757.93
19	2040	16,904,512.81	4,510,663.71	2,028,541.54	1,181,133.82	847,407.72	247,031.14	897,661.70	1,130,879.83	441,615.12
20	2041	16,904,512.81	4,465,557.08	2,028,541.54	1,185,432.48	843,109.06	239,294.51	900,928.69	1,127,612.85	430,757.41
21	2042	16,904,512.81	4,420,901.50	2,028,541.54	1,189,688.16	838,853.38	231,794.67	904,163.00	1,124,378.54	420,177.26
22	2043	16,904,512.81	4,376,692.49	2,028,541.54	1,193,901.28	834,640.26	224,524.47	907,364.97	1,121,176.57	409,867.33
23	2044	16,904,512.81	4,332,925.56	2,028,541.54	1,198,072.26	830,469.27	217,476.97	910,534.92	1,118,006.62	399,820.48
24	2045	16,904,512.81	4,289,596.31	2,028,541.54	1,202,201.54	826,339.99	210,645.45	913,673.17	1,114,868.36	390,029.74
25	2046	16,904,512.81	4,246,700.35	2,028,541.54	1,206,289.53	822,252.01	204,023.40	916,780.04	1,111,761.50	380,488.37
26	2047	16,904,512.81	4,204,233.34	2,028,541.54	1,210,336.63	818,204.90	197,604.47	919,855.84	1,108,685.70	371,189.78
27	2048	16,904,512.81	4,162,191.01	2,028,541.54	1,214,343.27	814,198.27	191,382.54	922,900.88	1,105,640.65	362,127.57
28	2049	16,904,512.81	4,120,569.10	2,028,541.54	1,218,309.84	810,231.70	185,351.65	925,915.48	1,102,626.06	353,295.53
29	2050	16,904,512.81	4,079,363.41	2,028,541.54	1,222,236.74	806,304.80	179,506.01	928,899.92	1,099,641.62	344,687.58
30	2051	16,904,512.81	4,038,569.77	2,028,541.54	1,226,124.37	802,417.17	173,840.04	931,854.52	1,096,687.01	336,297.85
						Investment	-9,249,154.57		Investment	-9,249,154.57
						NPv1	-658,117.68		NPV 2	5,563,200.60
						30%	2,116,628.69		30%	8,337,946.97
						50%	3,966,459.60		50%	10,187,777.89
						70%	5,816,290.52		70%	12,037,608.80

15% PV 2

A/A	Έτος	kWh	KW-PV	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα no ΦΠΑ	PV
0										
1	2022	2,535,676.92	5,405,140.00	304,281.23	-273,459.83	577,741.06	88,442.22	-207,829.47	512,110.70	24,098.73
2	2023	2,916,028.46	5,351,088.60	349,923.42	-232,061.23	581,984.65	90,786.86	-176,366.54	526,289.95	37,254.85
3	2024	3,353,432.73	5,297,577.71	402,411.93	-185,277.02	587,688.94	94,382.01	-140,810.53	543,222.46	52,480.25
4	2025	3,856,447.64	5,244,601.94	462,773.72	-132,291.10	595,064.82	99,345.55	-100,541.24	563,314.96	70,013.59
5	2026	4,434,914.78	5,192,155.92	532,189.77	-72,165.08	604,354.85	105,811.87	-54,845.46	587,035.23	90,124.96
6	2027	5,100,152.00	5,140,234.36	612,018.24	-3,819.85	615,838.09	113,933.91	-2,903.08	614,921.33	113,119.85
7	2028	5,865,174.80	5,088,832.01	703,820.98	73,985.47	629,835.51	123,885.51	56,228.96	647,592.02	139,343.62
8	2029	6,744,951.02	5,037,943.69	809,394.12	162,677.80	646,716.32	135,864.00	123,635.13	685,759.00	169,186.54
9	2030	7,756,693.67	4,987,564.26	930,803.24	263,898.03	666,905.21	150,093.15	200,562.51	730,240.74	203,089.49
10	2031	8,920,197.73	4,937,688.62	1,070,423.73	379,533.12	690,890.61	166,826.53	288,445.17	781,978.56	241,550.37
11	2032	10,258,227.39	4,888,311.73	1,230,987.29	511,752.96	719,234.32	186,351.22	388,932.25	842,055.04	285,131.38
12	2033	11,796,961.49	4,839,428.61	1,415,635.38	663,052.88	752,582.50	208,992.08	503,920.19	911,715.19	334,467.13
13	2034	13,566,505.72	4,791,034.33	1,627,980.69	836,302.42	791,678.26	235,116.50	635,589.84	992,390.84	390,273.85
14	2035	15,601,481.57	4,743,123.98	1,872,177.79	1,034,801.48	837,376.31	265,139.78	786,449.12	1,085,728.67	453,359.83
15	2036	16,904,512.81	4,695,692.74	2,028,541.54	1,163,500.55	865,040.98	280,496.22	884,260.42	1,144,281.12	487,975.75
16	2037	16,904,512.81	4,648,735.82	2,028,541.54	1,167,975.55	860,565.99	271,736.50	887,661.42	1,140,880.12	475,930.16
17	2038	16,904,512.81	4,602,248.46	2,028,541.54	1,172,405.79	856,135.74	263,244.42	891,028.40	1,137,513.13	464,193.62
18	2039	16,904,512.81	4,556,225.97	2,028,541.54	1,176,791.74	851,749.80	255,011.91	894,361.72	1,134,179.82	452,757.93
19	2040	16,904,512.81	4,510,663.71	2,028,541.54	1,181,133.82	847,407.72	247,031.14	897,661.70	1,130,879.83	441,615.12
20	2041	16,904,512.81	4,465,557.08	2,028,541.54	1,185,432.48	843,109.06	239,294.51	900,928.69	1,127,612.85	430,757.41
21	2042	16,904,512.81	4,420,901.50	2,028,541.54	1,189,688.16	838,853.38	231,794.67	904,163.00	1,124,378.54	420,177.26
22	2043	16,904,512.81	4,376,692.49	2,028,541.54	1,193,901.28	834,640.26	224,524.47	907,364.97	1,121,176.57	409,867.33
23	2044	16,904,512.81	4,332,925.56	2,028,541.54	1,198,072.26	830,469.27	217,476.97	910,534.92	1,118,006.62	399,820.48
24	2045	16,904,512.81	4,289,596.31	2,028,541.54	1,202,201.54	826,339.99	210,645.45	913,673.17	1,114,868.36	390,029.74
25	2046	16,904,512.81	4,246,700.35	2,028,541.54	1,206,289.53	822,252.01	204,023.40	916,780.04	1,111,761.50	380,488.37
26	2047	16,904,512.81	4,204,233.34	2,028,541.54	1,210,336.63	818,204.90	197,604.47	919,855.84	1,108,685.70	371,189.78
27	2048	16,904,512.81	4,162,191.01	2,028,541.54	1,214,343.27	814,198.27	191,382.54	922,900.88	1,105,640.65	362,127.57
28	2049	16,904,512.81	4,120,569.10	2,028,541.54	1,218,309.84	810,231.70	185,351.65	925,915.48	1,102,626.06	353,295.53
29	2050	16,904,512.81	4,079,363.41	2,028,541.54	1,222,236.74	806,304.80	179,506.01	928,899.92	1,099,641.62	344,687.58
30	2051	16,904,512.81	4,038,569.77	2,028,541.54	1,226,124.37	802,417.17	173,840.04	931,854.52	1,096,687.01	336,297.85
						Investment	-9,249,154.57		Investment	-9,249,154.57
						NPv1	-3,611,219.01		NPV 2	-124,448.65
						30%	-836,472.64		30%	2,650,297.73
						50%	1,013,358.28		50%	4,500,128.64
						70%	2,863,189.19		70%	6,349,959.55

25% PV 2

Α/Α	Έτος	kWh	KW-PV	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα-Έξοδα	PV	no ΦΠΑ	Έσοδα-Έξοδα no ΦΠΑ	PV
0										
1	2022	4,226,128.20	5,405,140.00	507,135.38	-112,359.82	619,495.21	129,377.66	-85,393.47	592,528.85	102,940.05
2	2023	5,071,353.84	5,351,088.60	608,562.46	-26,658.72	635,221.18	141,956.15	-20,260.63	628,823.09	135,806.51
3	2024	6,085,624.61	5,297,577.71	730,274.95	75,100.87	655,174.08	157,974.76	57,076.66	673,198.29	174,959.38
4	2025	7,302,749.53	5,244,601.94	876,329.94	196,141.47	680,188.48	177,986.65	149,067.51	727,262.43	221,475.71
5	2026	8,763,299.44	5,192,155.92	1,051,595.93	340,329.98	711,265.95	202,644.55	258,650.78	792,945.15	276,623.91
6	2027	10,515,959.32	5,140,234.36	1,261,915.12	512,306.59	749,608.53	232,718.23	389,353.01	872,562.11	341,897.50
7	2028	12,619,151.19	5,088,832.01	1,514,298.14	717,639.42	796,658.73	269,115.16	545,405.96	968,892.19	419,054.75
8	2029	15,142,981.42	5,037,943.69	1,817,157.77	963,010.10	854,147.68	312,904.66	731,887.67	1,085,270.10	510,165.42
9	2030	16,904,512.81	4,987,564.26	2,028,541.54	1,135,685.20	892,856.34	339,158.95	863,120.75	1,165,420.79	567,228.69
10	2031	16,904,512.81	4,937,688.62	2,028,541.54	1,140,438.35	888,103.19	328,609.54	866,733.14	1,161,808.39	553,143.13
11	2032	16,904,512.81	4,888,311.73	2,028,541.54	1,145,143.96	883,397.57	318,381.66	870,309.41	1,158,232.13	539,420.93
12	2033	16,904,512.81	4,839,428.61	2,028,541.54	1,149,802.52	878,739.01	308,465.64	873,849.92	1,154,691.62	526,052.38
13	2034	16,904,512.81	4,791,034.33	2,028,541.54	1,154,414.50	874,127.04	298,852.08	877,355.02	1,151,186.52	513,028.07
14	2035	16,904,512.81	4,743,123.98	2,028,541.54	1,158,980.36	869,561.18	289,531.89	880,825.07	1,147,716.47	500,338.84
15	2036	16,904,512.81	4,695,692.74	2,028,541.54	1,163,500.55	865,040.98	280,496.22	884,260.42	1,144,281.12	487,975.75
16	2037	16,904,512.81	4,648,735.82	2,028,541.54	1,167,975.55	860,565.99	271,736.50	887,661.42	1,140,880.12	475,930.16
17	2038	16,904,512.81	4,602,248.46	2,028,541.54	1,172,405.79	856,135.74	263,244.42	891,028.40	1,137,513.13	464,193.62
18	2039	16,904,512.81	4,556,225.97	2,028,541.54	1,176,791.74	851,749.80	255,011.91	894,361.72	1,134,179.82	452,757.93
19	2040	16,904,512.81	4,510,663.71	2,028,541.54	1,181,133.82	847,407.72	247,031.14	897,661.70	1,130,879.83	441,615.12
20	2041	16,904,512.81	4,465,557.08	2,028,541.54	1,185,432.48	843,109.06	239,294.51	900,928.69	1,127,612.85	430,757.41
21	2042	16,904,512.81	4,420,901.50	2,028,541.54	1,189,688.16	838,853.38	231,794.67	904,163.00	1,124,378.54	420,177.26
22	2043	16,904,512.81	4,376,692.49	2,028,541.54	1,193,901.28	834,640.26	224,524.47	907,364.97	1,121,176.57	409,867.33
23	2044	16,904,512.81	4,332,925.56	2,028,541.54	1,198,072.26	830,469.27	217,476.97	910,534.92	1,118,006.62	399,820.48
24	2045	16,904,512.81	4,289,596.31	2,028,541.54	1,202,201.54	826,339.99	210,645.45	913,673.17	1,114,868.36	390,029.74
25	2046	16,904,512.81	4,246,700.35	2,028,541.54	1,206,289.53	822,252.01	204,023.40	916,780.04	1,111,761.50	380,488.37
26	2047	16,904,512.81	4,204,233.34	2,028,541.54	1,210,336.63	818,204.90	197,604.47	919,855.84	1,108,685.70	371,189.78
27	2048	16,904,512.81	4,162,191.01	2,028,541.54	1,214,343.27	814,198.27	191,382.54	922,900.88	1,105,640.65	362,127.57
28	2049	16,904,512.81	4,120,569.10	2,028,541.54	1,218,309.84	810,231.70	185,351.65	925,915.48	1,102,626.06	353,295.53
29	2050	16,904,512.81	4,079,363.41	2,028,541.54	1,222,236.74	806,304.80	179,506.01	928,899.92	1,099,641.62	344,687.58
30	2051	16,904,512.81	4,038,569.77	2,028,541.54	1,226,124.37	802,417.17	173,840.04	931,854.52	1,096,687.01	336,297.85
						Investment	-9,249,154.57		Investment	-9,249,154.57
						NPv1	-2,168,512.62		NPV 2	2,654,192.18
						30%	606,233.75		30%	5,428,938.55
						50%	2,456,064.67		50%	7,278,769.47
						70%	4,305,895.58		70%	9,128,600.38

6 Βιβλιογραφία

1) C. Shang, D. Srinivasan, and T. Reindl, "Economic and environmental generation and voyage scheduling of all-electric ships," IEEE Trans. Power Syst., vol. 31, no. 5, pp. 4087–4096, Sep. 2016.

2) J. Hou, J. Sun, and H. Hofmann, "Adaptive model predictive control with propulsion load estimation and prediction for all-electric ship energy management," Energy, vol. 150, pp. 877–889, 2018.

3) K. Hein, Y. Xu, G. Wilson, and A. K. Gupta, "Coordinated optimal voyage planning and energy management of all-electric ship with hybrid energy storage system," IEEE Trans. Power Syst., vol. 36, no. 3, pp. 2355–2365, May 2021.

4) H. Lan, S. Wen, Y.-Y. Hong, C. Y. David, and L. Zhang, "Optimal sizing of hybrid PV/diesel/battery in ship power system," Appl. Energy, vol. 158, pp. 26–34, 2015.

5) Z. Li, Y. Xu, L. Wu, and X. Zheng, "A risk-averse adaptively stochas- tic optimization method for multi-energy ship operation under diverse uncertainties," IEEE Trans. Power Syst., vol. 36, no. 3, pp. 2149–2161, May 2021.

6) S. Fang, Y. Xu, S. Wen, T. Zhao, H. Wang, and L. Liu, "Data-driven robust coordination of generation and demand-side in photovoltaic integrated all-electric ship microgrids," IEEE Trans. Power Syst., vol. 35, no. 3, pp. 1783–1795, May 2020.

7) E. A. Sciberras, B. Zahawi, D. J. Atkinson, A. Breijs, and J. H. van Vugt, "Managing shipboard energy: A stochastic approach special issue on marine systems electrification," IEEE Trans. Transp. Electrific., vol. 2, no. 4, pp. 538–546, Dec. 2016.

8) R. Tang, X. Li, and J. Lai, "A novel optimal energy-management strategy for a maritime hybrid energy system based on large-scale global optimiza- tion," Appl. Energy, vol. 228, pp. 254–264, 2018.

9) G. Parise, L. Parise, L. Martirano, P. B. Chavdarian, C.-L. Su, and A. Ferrante, "Wise port and business energy management: Port facilities, electrical power distribution," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 52, no. 1, pp. 18–24, Jan./Feb. 2016.

10) M. Acciaro, H. Ghiara, and M. I. Cusano, "Energy management in sea- ports: A new role for port authorities," Energy Policy, vol. 71, pp. 4–12,2014.

11) "Alternative Maritime Power (AMP) | Air Quality | Port of Los Angeles." https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/alternative-maritimepower-(amp) (accessed May 09, 2020).

12) "What is Alternate Marine Power (AMP) or Cold Ironing?" https://www.marineinsight.com/marine-electrical/what-is-alternate-marine-poweramp-or-cold-ironing/ (accessed May 09, 2020).

13) "European Commission Directorate General Environment Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments Task 2a-ShoreSide Electricity Final Report Entec UK Limited," 2005.

14) S. Daniels and Pe. Project Manager, "VIA E-MAIL," 2007.

15) "KIRK® Key Interlock - KIRK® The Leader in Trapped Key Interlocks." https://www.kirkkey.com/ (accessed Oct. 27, 2020).

16) "Markets | ASG Connectorized Cables." https://www.asgcables.com/markets/ (accessed Oct. 27, 2020).

17) "Shore Power Systems for Ports | Cavotec SA." https://www.cavotec.com/en/yourapplications/ports-maritime/shore-power/shore-power-systems-for-ports (accessed Oct. 27, 2020).

18) "Princess Ships Clear the Air with Shore Power Connections - Princess Cruises." https://www.princess.com/news/backgrounders_and_fact_sheets/factsheet/Princess-Ships-Clear-the-Air-with-Shore-Power-Connections.html (accessed May 09, 2020).

19) "Types of Cruise Ships: Ship Information - Princess Cruises." https://www.princess.com/ships-and-experience/ships/ (accessed Oct. 27, 2020).

20) "2020 Commission: Combine the ports of LA and Long Beach | 89.3 KPCC." https://www.scpr.org/news/2014/04/10/43410/2020-commission-combine-theports-of-la-and-long-b/ (accessed Oct. 27, 2020).

21) "Ιστορία της Πόλης της Σούδας | Ιστορία | Επισκέπτης | Δήμος Σούδας." https://www.chania.gr/archive/souda/www.souda.gr/visitor/histoty/history-ofsouda.html (accessed Nov. 06, 2020).

22) "Σούδα: Το μεγάλο φυσικό λιμάνι της δυτικής Κρήτης - Unique Creta." https://www.uniquecreta.com/2020/05/12/souda-to-megalo-fysiko-limani-tisdytikis-kritis/ (accessed Oct. 27, 2020).

23) "International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)." http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/InternationalConvention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx (accessed Oct. 12, 2020).

24) https://dias.library.tuc.gr/view/88491?show=full&locale=el, AlexandraGeorgiou

25) "Air Pollution." http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx (accessed Oct. 14, 2020).

26) "Ενας πρακτικός τεχνικός οδηγός," 2011. Accessed: Nov. 03, 2020. [Online]. 73 Available: www.helapco.gr.

27) K. V Vidyanandan, "An Overview of Factors Affecting the Performance of Solar PV Systems," 2017. Accessed: Oct. 30, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319165448.

28) Ε. Ηλεκτρικών and Κ. Και Ηλεκτρονικής, "ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Τομέας Συστημάτων Παραγωγής."