



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΣΚΑΦΩΝ
(SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF ENERGY
AUTONOMOUS FISHING VESSELS)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΑΚΗ ΜΑΡΙΑΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Καθηγητής ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ
(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Καθηγητής ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ
Επίκουρος Καθηγητής ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΑΣ

ΧΑΝΙΑ 2016



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπον καθηγητή μου, Καθηγητή Θεοχάρη Τσούτσο, για την υπέροχη συνεργασία μας και τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε τόσο απλόχερα για την έρευνα αλλά και γενικότερα για τη ζωή. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής, τον Καθηγητή Νικόλαο Καλογεράκη και τον Επίκουρο Καθηγητή Τρύφων Δάρα για τα θερμά του λόγια.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους υπέροχους ανθρώπους που γνώρισα και έγιναν πραγματικά κομμάτι μου. Τις φίλες μου για την στήριξή τους και τις υπεροχές στιγμές που μου χάρισαν αυτά τα πέντε χρόνια.

And last but not least I would like to thank my family for all that love and support. From the bottom of my heart I thank you all.

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα στοχεύει στην αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενεργειακής αυτονομίας αλιευτικών σκαφών. Το είδος του αλιευτικού που μελετήθηκε ήταν σκάφος με συρόμενα εργαλεία (τράτα βυθού). Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων και την εκπόνηση της συγκεκριμένης έρευνας επιλέχθηκε αλιευτικό με συρόμενα εργαλεία ως πρότυπο.

Πραγματοποιήθηκε ενεργειακή επιθεώρηση στο πρότυπο αλιευτικό σκάφος για τον καθορισμό των ενεργειακών του απαιτήσεων κατά τη διάρκεια μιας ημέρας αλιείας. Προσδιορίστηκε το συνολικό ενεργειακό φορτίο του και τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται. Κατόπιν, ακολούθησε στατιστική ανάλυση με στοιχεία από όλο τον χρόνο ζωής του σκάφους, για την εύρεση συντελεστών και την τάση τους με την πάροδο των χρόνων.

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση και η αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε ένα αλιευτικό για την επίτευξη ενεργειακής αυτονομίας. Ο αλιευτικός στόλος του κόσμου εξαρτάται πλήρως από το πετρέλαιο. Αυτό συνεπάγεται μεγάλα ποσοστά ρύπανσης της ατμόσφαιρας λόγω της καύσης του πετρελαίου σε μεγάλη κλίμακα και την ευρέα χρήση του στις θαλάσσιες μεταφορές, καθώς και οι συνεχείς και ραγδαίες διακυμάνσεις της τιμής του πετρελαίου έχουν οδηγήσει την αλιεία σε αδιέξοδο.

Διαμορφώθηκαν δύο σενάρια προς αξιολόγηση της βιωσιμότητας τους με στόχο την ενεργειακή αυτονομία του αλιευτικού. Το πρώτο σενάριο εξερεύνησε τη δυνατότητα κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών του ηλεκτρικού εξοπλισμού είτε εν μέρη είτε ολικά προσαρμόζοντας εναλλακτικές μορφές ενέργειας πάνω στο υπάρχον σκάφος. Το δεύτερο σενάριο διερεύνησε τη δυνατότητα καύσης βιοντίζελ αντί για το υπάρχον χρησιμοποιούμενο καύσιμο για την κάλυψη του ολικού ενεργειακού φορτίου. Μέσω της μελέτης των σεναρίων συμπεραίνεται ότι η πλήρης κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από Α.Π.Ε. δεν είναι εφικτή, λόγω των μη διαθέσιμων επιφανειών του αλιευτικού. Η κάλυψη του συνολικού ηλεκτρικού φορτίου από Α.Π.Ε. περιορίζεται σε ένα ποσοστό κάτω από 5%. Είναι δυνατή η αντικατάσταση των καυσίμων από βιοντίζελ παραγόμενο στην τοπική περιοχή χωρίς την αντικατάσταση της κύρια μηχανής του αλιευτικού.

Summary

This study aims to assess the sustainability of energy autonomous fishing vessels. The type of fishing that was investigated in depth was trawling. To collect the necessary data for the preparation of this study, a fishing vessel was selected to be used as an example.

Energy audits were performed on the vessel to determine its energy needs during a day at sea. The total energy load of the trawler was determined and also the individual parts of which it is composed of. A statistical analysis was performed from the fishing vessel's available data (total lifetime at sea).

The purpose of the study is to investigate and evaluate different scenarios that could be applied to the vessel to achieve energy autonomy. Fishing vessels around the world are completely dependent on oil. This implies major air pollution due to the large oil consumption used for maritime transport. The constant fluctuations, rapid and unpredictable changes of oil prices have caused major problems to the fishing sector.

Two scenarios were formed to assess the viability of energy autonomous fishing vessels. The first scenario explored the possibility of applying renewable energy to the trawler to cover the electrical needs of the ship (totally or partially). The second scenario explored the possibility of consuming biodiesel instead of oil. From the scenarios that were explored it was concluded that the total coverage of the electrical load from RES was physically impossible, because of limited free surfaces on board the fishing vessel. The possible coverage of the electrical load by RES is less than 5%. In the second scenario, it is possible to replace the current fuel with biodiesel fuel produced at the local area without needing to replace the main engine of ship. In conclusion to replace the use of oil is important to the wellbeing of the environment.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	11
2	Η διεθνής επιστημονική εμπειρία	13
3	Μεθοδολογία	19
		32
4	Αποτελέσματα	33
4.1	Συλλογή δεδομένων και στατιστική ανάλυση	33
4.2	Έλεγχος ενεργειακών αναγκών	46
4.3	Σενάριο 1 ^ο	54
4.3.1	Φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πλαίσια	54
4.3.1.1	Μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου LG 315W Φ/Β σταθερού πλαισίου με την μεγαλύτερη απόδοση συνολικής ηλεκτρικής ισχύς στο σύστημα.	64
4.3.1.2	Μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο με το χαμηλότερο κόστος συστήματος.	71
4.3.2	Μικρές Α/Γ	77
4.3.3	Υβριδικό Σύστημα	85
4.3.3.1	Υβριδικό Σύστημα με χρήση LG 315W Φ/Β σταθερού πλαισίου και AIR X Wind Α/Γ 48V	85
4.3.3.2	Υβριδικό Σύστημα με χρήση Suntech 215W Φ/Β πλαίσια και AIR X Wind Α/Γ 48V	88
4.4	Σενάριο 2 ^ο	92
5	Συζήτηση	93
6	Συμπεράσματα	104
7	Βιβλιογραφία	108
8	Παράρτημα	110

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Παραγωγικότητα και αποδοτικότητα ανά εκτάριο.	28
Πίνακας 2. Ποσοστά ανίχνευσης CO ₂ , O ₂ και CO σε δείγμα καυσαερίων.	29
Πίνακας 3. Ποσοστό διακύμανσης των εκπομπών CO ₂ , O ₂ και CO που επιτυγχάνει το βιοντίζελ jatropha και το μίγμα βιοντίζελ jatropha και diesel από πετρέλαιο αντίστοιχα, σε σχέση με το diesel από πετρέλαιο.	30
Πίνακας 4. Εκπομπές βιοντίζελ από jatropha ανάμικτο με πετρέλαιο σε διάφορες αναλογίες.	30
Πίνακας 5. Ποσοστό διακύμανσης των εκπομπών που επιτυγχάνει το κάθε καύσιμο ανάλογα με την αναλογία diesel από πετρέλαιο και βιοντίζελ jatropha σε σχέση με το πετρέλαιο.	31
Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά αλιευτικού.	33
Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά αλιείας.	33
Πίνακας 8. Αριθμός ημερών ταξιδιού και ταξιδιών ανά έτος.	35
Πίνακας 9. Τιμή πώλησης αλιευμάτων ανά έτος.	35
Πίνακας 10. Παραγωγικότητα αλιευτικού ανά έτος.	36
Πίνακας 11. Μέση τιμή diesel από πετρέλαιο ανά έτος στο λιμάνι της Σενεγάλης.	37
Πίνακας 12. Ποσοστό ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στο κόστος των καυσίμων ανά έτος.	38
Πίνακας 13. Ένταση χρήσης καυσίμων και επίδρασης τιμής πώλησης ανά έτος.	40
Πίνακας 14. Κόστος ενέργειας ανά έτος.	41
Πίνακας 15. Κυριότερες εκπομπές.	43
Πίνακας 16. Εκπομπές.	43
Πίνακας 17. Εκπομπές.	44
Πίνακας 18. Ανθρακικό αποτύπωμα ανά έτος.	45
Πίνακας 19. Κατανομή ηλεκτρικού φορτίου.	51
Πίνακας 20. Κατανομή ενεργειακού φορτίου.	52
Πίνακας 21. Φ/Β πλαίσια.	57
Πίνακας 22. Φ/Β πλαίσια.	58
Πίνακας 23. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά μήκος της επιφάνειας.	60
Πίνακας 24. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά μήκος της επιφάνειας.	60
Πίνακας 25. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά πλάτος της επιφάνειας.	61
Πίνακας 26. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά πλάτος της επιφάνειας.	61
Πίνακας 27. Σύγκριση Φ/Β πλαίσια τοποθετημένα κατά πλάτος και κατά μήκος.	62
Πίνακας 28. Σύγκριση Φ/Β πλαίσια τοποθετημένα κατά πλάτος και κατά μήκος.	62
Πίνακας 29. Χαρακτηριστικά συστήματος.	64
Πίνακας 30. kWh/(m ² ·day) κατά μέσο όρο κάθε μήνα στην περιοχή της Σενεγάλης.	65
Πίνακας 31. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.	66
Πίνακας 32. Αέριες εκπομπές.	68
Πίνακας 33. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.	69
Πίνακας 34. Αέριες εκπομπές.	70
Πίνακας 35. Χαρακτηριστικά συστήματος.	71
Πίνακας 36. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.	72
Πίνακας 37. Αέριες εκπομπές.	73
Πίνακας 38. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.	75
Πίνακας 39. Αέριες εκπομπές.	76

Πίνακας 40. Χαρακτηριστικά μοντέλων μικρών ανεμογεννητριών.	79
Πίνακας 41. Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με βάση το C_f .	80
Πίνακας 42. Κόστος κάθε συστήματος ανεμογεννητριών.	81
Πίνακας 43. ΑΚΗΕ	81
Πίνακας 44. Προστιθέμενο φορτίο.	82
Πίνακας 45. Ποσοστό κάλυψης ηλεκτρικού φορτίου.	82
Πίνακας 46. Εκπομπές Αερίων.	83
Πίνακας 47. Πλήρη κάλυψη ηλεκτρικού φορτίου από Α/Γ.	84
Πίνακας 48. Χαρακτηριστικά υβριδικού συστήματος.	85
Πίνακας 49. Κόστος, βάρος και ηλεκτρική ενέργεια υβριδικού συστήματος.	86
Πίνακας 50. Αέριες εκπομπές.	87
Πίνακας 51. Χαρακτηριστικά υβριδικού συστήματος.	88
Πίνακας 52. Κόστος, βάρος και ηλεκτρική ενέργεια υβριδικού συστήματος.	89
Πίνακας 53. Αέριες εκπομπές.	90
Πίνακας 54. Συγκεντρωτικός Πίνακας Σεναρίου 1.	91
Πίνακας 55. Οδηγός κύριου κινητήρα MAN.	110
Πίνακας 56. Οδηγός κύριου κινητήρα MAN.	110
Πίνακας 57. Οδηγός κύριου κινητήρα MAN.	111

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Γράφημα 1. Τιμής πώλησης των αλιευμάτων ανά έτος.	36
Γράφημα 2. Παραγωγικότητα ανά έτος.	37
Γράφημα 3. Μέση τιμή diesel από πετρελαίο στο λιμάνι της Σενεγάλης ανά έτος.	38
Γράφημα 4. Ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στα έξοδα του αλιευτικού για καύσιμα ανά έτος (%).	39
Γράφημα 5. Ένταση χρήσης καυσίμου ανά έτος.	40
Γράφημα 6. Επίδραση της τιμής πώλησης ανά έτος.	41
Γράφημα 7. Κόστος ενέργειας από καύση diesel από πετρέλαιο (€/kWh) ανά έτος.	42
Γράφημα 8. Ανθρακικό αποτύπωμα ανά έτος.	45
Γράφημα 9. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).	67
Γράφημα 10. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).	70
Γράφημα 11. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).	73
Γράφημα 12. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).	76

Συντομογραφίες

A/Γ: Ανεμογεννήτρια

A.Π.Ε.: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Φ/Β: Φωτοβολταϊκό

Ar: Αργό

BHP: Βιομηχανία Οργανοχημικών Λιπασμάτων

BTU: British thermal unit

B20: 20% βιοντίζελ από jatropha και 80% πετρέλαιο

B40: 40% βιοντίζελ από jatropha και 60% πετρέλαιο

B80: 80% βιοντίζελ από jatropha και 20% πετρέλαιο

B100: 100% βιοντίζελ από jatropha

CNG: Compressed natural gas

CO: Μονοξείδιο του άνθρακα

CO₂: Διοξείδιο του άνθρακα

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FT: Fischer-Tropsch

ha: Εκτάριο

HC: Υδρογονάνθρακες

HCNG: Hydrogen compressed natural gas

He: Ήλιο

kg: Κιλό

kW: Κιλοβάτ

kWh: Κιλοβατώρα

L: Λίτρο (α)

LED: Light Emitting Diode

LNG: Liquified natural gas

LPG: Liquified petroleum gas

m: Μέτρα

MDO: Marine diesel oil

MGO: Marine gas oil

mi: Ναυτικό μίλι

min: Λεπτά

Ne: Νέον

N₂: Άζωτο

NO: Μονοξείδιο του αζώτου

NO_x: Οξείδια αζώτου

O₂: Οξυγόνο

ppm: Parts per million

RPM: Revolutions per minute

s: Δευτερόλεπτα

SO_x: Οξείδια θείου

SVO: Straight vegetable oil

tn: Τόνος

W: Watt, βατ

°C: Βαθμοί Κελσίου

1 Εισαγωγή

Οι συνεχείς και ραγδαίες διακυμάνσεις της τιμής του πετρελαίου έχουν οδηγήσει την αλιεία σε αδιέξοδο. Παρατηρείται συνεχείς μείωση των αλιευτικών από χρονιά σε χρονιά λόγω της μη βιώσιμης σχέσης μεταξύ κόστους πετρελαίου και των ακαθάριστων εσόδων του αλιευτικού. Καθώς μόνο το ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στα έξοδα του καραβιού για καύσιμα αγγίζει το 40-45%, το οποίο αποτελεί και το κυριότερο έξοδο ενός αλιευτικού. Αν αναλογιστούμε τα έξοδα συντήρησης του αλιευτικού, το ποσό που αναλογεί στην έκδοση άδειας, το προσωπικό που απασχολείται εντός και εκτός του αλιευτικού, καθώς και τη μεταφορά και συσκευασία των προϊόντων κατανοούμε ότι το ποσοστό των 40-45% των ακαθάριστων εσόδων οδηγεί σε ένα μη βιώσιμο σύστημα. Με την εφαρμογή Α.Π.Ε. για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του καραβιού θα μπορέσει να αναπτυχθεί μια αειφόρα σχέση μεταξύ κοινωνίας, περιβάλλοντος και αλιείας. Η κοινωνία θα ωφελούνταν, καθώς η μείωση των εξόδων για καύσιμα θα οδηγούσε στη μείωση της τιμής του προϊόντος. Παράλληλα το προϊόν που παρέχεται στον καταναλωτή θα προέρχεται από μια οικολογική επιχείρηση. Το αλιευτικό θα ήταν πιο φιλικό προς το περιβάλλον, καθώς θα μειωνόντουσαν οι εκπομπές του σκάφους. Τέλος, η επιχείρηση δεν θα εξαρτιόταν πλέον από τις συνεχόμενες και απρόβλεπτες διακυμάνσεις της τιμής του πετρελαίου και θα μειωνόντουσαν τα έξοδα του αλιευτικού.

Η αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενεργειακής αυτονομίας αλιευτικών σκαφών, πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένο τύπο αλιευτικών. Το είδος του αλιευτικού που διερευνήθηκε σε βάθος ήταν σκάφος με συρόμενα εργαλεία (τράτα βυθού). Τα αλιευτικά που χρησιμοποιούν τράτα βυθού σημειώνουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε ενέργεια, σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπος αλιείας [Basurko, 2012]. Για την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων και την εκπόνηση της συγκεκριμένης έρευνας επιλέχθηκε ένα αλιευτικό ως πρότυπο. Τα χαρακτηριστικά αυτού του σκάφους συμφωνούν με την πλειοψηφία των αλιευτικών αυτού του τύπου που είναι ενεργά.

Έπειτα από ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο πρότυπο αλιευτικό σκάφος καθορίστηκαν οι ενεργειακές του απαιτήσεις στην διάρκεια μιας τυπικής ημέρας αλιείας και προσδιορίστηκε το συνολικό ενεργειακό φορτίο και τα επιμέρους τμήματα από τον οποίο αποτελείται. Κατόπιν, συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν τα ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία του πρότυπου αλιευτικού, με στόχο τη στατιστικής ανάλυση, την εύρεση συντελεστών και την τάση τους με την πάροδο των χρόνων.

Αφού καθορίστηκαν όλες οι λειτουργίες του σκάφους και όλες οι ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν για την ομαλή λειτουργία του καθημερινά, διαμορφώθηκαν

δύο σενάρια προς αξιολόγηση της βιωσιμότητας τους με στόχο την ενεργειακή αυτονομία του αλιευτικού. Το πρώτο σενάριο εξερεύνησε τη δυνατότητα κάλυψης των αναγκών του ηλεκτρικού εξοπλισμού είτε εν μέρη είτε ολικά προσαρμόζοντας εναλλακτικές μορφές ενέργειας πάνω στο υπάρχον σκάφος. Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο σενάριο μελετήθηκαν τρία πιθανά ενδεχόμενα. Το πρώτο ενδεχόμενο διερεύνησε την δυνατότητα τοποθέτησης φωτοβολταϊκών (Φ/Β) πλασιών σε μη χρησιμοποιήσιμες επιφάνειες του αλιευτικού. Το δεύτερο μελέτησε την πιθανότητα προσαρμογής μικρών ανεμογεννητριών στο σκάφος χωρίς να εμποδίζονται οι λειτουργίες του. Το τρίτο και τελευταίο ασχολείται με τον συνδυασμό και των δύο αυτών ειδών εναλλακτικών μορφών ενέργειας σχηματίζοντας και αξιολογώντας ένα υβριδικό σύστημα τοποθετημένο πάνω στο σκάφος. Το δεύτερο σενάριο διερεύνησε τη δυνατότητα καύσης βιοντίζελ, αντί για το υπάρχον χρησιμοποιούμενο καύσιμο, για την κάλυψη του ολικού ενεργειακού φορτίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι, οι επιφάνειες που καθορίστηκαν για την εφαρμογή συστημάτων Α.Π.Ε., στόχευαν να μην παρεμποδίσουν τις διεργασίες που πραγματοποιούνται πάνω στο σκάφος εν ώρα αλιείας.

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση και η αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε ένα αλιευτικό για την επίτευξη ενεργειακής αυτονομίας. Ο αλιευτικός στόλος παγκόσμια εξαρτάται πλήρως από το πετρέλαιο. Αυτό συνεπάγεται μεγάλα ποσοστά ρύπανσης της ατμόσφαιρας λόγω της καύσης του πετρελαίου (σε μεγάλη κλίμακα) και την ευρεία χρήση του στις θαλάσσιες μεταφορές. Ακόμη, προκαλείται ρύπανση των θαλασσών λόγω διαρροής πετρελαίου συχνά σε περίπτωση ατυχήματος.

2 Η διεθνής επιστημονική εμπειρία

Το Μάιο του 2007 δημοσιεύθηκε το πρώτο μέρος της ενεργειακής έρευνας σε αλιευτικά που πραγματοποιήθηκε με πρωτοβουλία της Αυστραλιανής κυβέρνησης. Η έρευνα ολοκληρώθηκε το 2006 και διερεύνησε στο σύνολο της τις εναλλακτικές μορφές καυσίμων και μηχανές υψηλής απόδοσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα αλιευτικό. Το είδος του αλιευτικού το οποίο ερεύνησε σε βάθος ήταν αλιευτικό με συρόμενα εργαλεία ή αλλιώς τράτα βυθού. Το συγκεκριμένο είδος αλιείας παρουσιάζει τις μέγιστες ανάγκες σε ενέργεια σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη σκαφών [Sterling et al., 2007].

Στην έρευνα καταγράφονται αναλυτικά τα βήματα που απαιτούνται να ακολουθηθούν σε μια ενεργειακή επιθεώρηση ενός σκάφους. Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις ενός πλοίου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η ενεργειακή επιθεώρηση πρώτου επιπέδου είναι η πιο συνοπτική και σχετικά απλή. Αρχικά απαιτεί την καταγραφή των χαρακτηριστικών κατασκευής του σκάφους και γενικά των χαρακτηριστικών λειτουργίας του, όπως για παράδειγμα τον αριθμό μελών του πληρώματος. Επίσης, αναφέρει την κατανάλωση καυσίμου του σκάφους. Σχηματίζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα και προσδιορίζονται οι δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας. Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένες προτάσεις με στόχο την μείωση των καταναλώσεων.

Στην ενεργειακή επιθεώρηση δεύτερου επιπέδου συλλέγονται όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται και στη μελέτη πρώτου επιπέδου. Η επιθεώρηση δεύτερου επιπέδου περιέχει μια αρκετά πιο αναλυτική λίστα προτάσεων για τη μείωση των ενεργειακών φορτίων και αναφέρει το κόστος της κάθε προτεινόμενης εφαρμογής. Επιπλέον, προτείνονται αλλαγές ως προς τη διαχείριση του καταλαμβανόμενου φορτίου. Οι προτεινόμενες λύσεις τοποθετούνται σε σειρά προτεραιότητας από τον επιθεωρητή. Επιπρόσθετα, περιέχεται αναλυτική περιγραφή των προγραμμάτων εργασίας. Πραγματοποιείται πρόβλεψη ετήσιας κατανάλωσης και εξοικονόμηση χρημάτων από την εφαρμογή της κάθε αλλαγής. Υπολογίζεται ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης μέσα από ανάλυση κόστους οφελών. Η ενεργειακή επιθεώρηση επιπέδου τρία είναι η ακριβέστερη και αναλυτικότερη επιθεώρηση που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα αλιευτικό. Περιέχει όλα τα στοιχεία της ενεργειακής επιθεώρησης δεύτερου επιπέδου συν ορισμένα επιπλέον. Απαιτεί την αναλυτική περιγραφή και καταγραφή των καταλαμβανόμενων ενεργειακών φορτίων και του συνολικού μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού μηχανισμού του σκάφους. Σχηματίζεται πρόγραμμα λειτουργίας χρήσης του κάθε εξοπλισμού. Τέλος, δημιουργείται και προτείνεται ένα πρόγραμμα για την αλλαγή διαχείρισης των ενεργειακών φορτίων με στόχο την μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας.

Η έρευνα που διεξήχθηκε ερευνήσε όλα τα εναλλακτικά είδη καυσίμων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε ένα αλιευτικό και η αντίστοιχη μηχανή που απαιτείται για την καύση τους. Αρχικά, καταγράφονται όλα τα είδη καυσίμων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά. Το πρώτο είδος που καταγράφεται είναι το βιοντίζελ και το SVO, που παράγεται από φυτικά ή ζωικά αγαθά. Αναφέρεται ως το πλέον διαθέσιμο και κατάλληλο είδος καυσίμου. Μπορεί να καταναλωθεί σε μηχανές ντίζελ είτε ως μίγμα με ένα ποσοστό πετρέλαιο είτε σκέτο. Κατά την καύση του οδηγεί στη μείωση καπνού και παρουσιάζει αύξηση στις εκπομπές NO_x. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η κατανάλωση των καυσίμων μπορεί να αυξηθεί με τη χρήση του και να μειωθεί λίγο η απόδοση του αν δεν έχει προσαρμοστεί η μηχανή του σκάφους. Εναλλακτικά ένα άλλο καύσιμο που μπορεί να εφαρμοστεί είναι η αιθανόλη. Η κύρια μηχανή του χρειάζεται να μετασχηματιστεί για την καύση του συγκεκριμένου καυσίμου. Αναφέρεται ότι η αιθανόλη μπορεί να αναμειχθεί με πετρέλαιο. Επίσης, παρουσιάζει το βιομεθάνιο.

Η επιστημονική έρευνα σημάνει τη δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου ως κύριο καύσιμο στην αλιεία. Για την καύση του απαιτείται μηχανή διπλού καυσίμου, κινητήρας αερίου ή κινητήρας καύσης μόνο αερίων. Το πλεονέκτημα της μηχανής καύσης διπλού καυσίμου είναι η δυνατότητα χρήσης υγρών και αέριων καυσίμων. Οι εκπομπές αιθάλης και NO_x είναι μειωμένες κατά την καύση φυσικού αερίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία μηχανών διπλού καυσίμου είναι πολύ αναπτυγμένη και οι μηχανές αυτές εμφανίζουν μέγιστες αποδόσεις όταν λειτουργούν σε μέτρια ή μεγάλα φορτία. Στη χρήση μηχανής αερίων κατά την κατανάλωση φυσικού αερίου παρατηρείται μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, των απελευθερωμένων μικροσωματιδίων και των NO_x. Επιπλέον, διατυπώνεται ότι οι κινητήρες χρήσης μόνο αερίων έχουν μειωμένες αποδόσεις σε σχέση με τις μηχανές διπλού καυσίμου. Διερευνήθηκαν οι τρόποι αποθήκευσης του φυσικού αερίου που με βάση τους συγγραφείς είναι δύο, είτε μεταφέρεται και καταναλώνεται υπό συμπίεση σε μορφή CNG είτε υγροποιείται στους -160°C σε μορφή LNG. Η φιάλη αποθήκευσης CNG έχει 4,5 φορές μεγαλύτερο όγκο από αυτή του ντίζελ. Ενώ η φιάλη αποθήκευσης LNG έχει 1,8 φορές μεγαλύτερο όγκο από αυτή του ντίζελ.

Ένα ακόμη εναλλακτικό καύσιμο που αναφέρεται είναι το LPG. Οι κινητήρες που έχουν τη δυνατότητα καύσης LPG είναι αυτοί του διπλού καυσίμου και αυτοί που καταναλώνουν μόνο αέρια. Η χρήση αυτού του καυσίμου οδηγεί στην μείωση αερίων του θερμοκηπίου. Η καλύτερη μορφή LPG σχηματίζεται από προπάνιο. Με τη χρήση μηχανής διπλού καυσίμου μειώνονται οι εκπομπές NO_x και του καπνού. Επιπρόσθετα, καταγράφεται σαν εναλλακτικό καύσιμο το Marine Gas Oil (MGO) και το Marine Diesel Oil (MDO), το οποία θεωρούνται πιο ιζώδες από το πετρέλαιο ντίζελ, αλλά πιο ελαφριά από το μαζούτ. Τα καύσιμα αυτά χρησιμοποιούνται τυπικά από κινητήρα πετρελαίου μεσαίας ταχύτητας. Η περιεκτικότητα του θείου στα

καύσιμα αυτά είναι υψηλότερη από το από πετρέλαιο ντίζελ. Ακόμη επισημαίνει ένα ακόμη είδος καυσίμου που ονομάζεται HCNG και αποτελείται από μίγμα υδρογόνου και CNG. Το HCNG έχει καλύτερη αποδοτικότητα από το φυσικό αέριο.

Στην έρευνα παρουσιάζεται το υδρογόνο ως μέσω αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας. Το υδρογόνο παράγεται με ηλεκτρόλυση με τη βοήθεια εναλλακτικών μορφών ενέργειας, όπως αιολική ή ηλιακή. Επίσης, μπορεί να παρασκευαστεί από βιομάζα και άλγη. Όμως το μεγαλύτερο μέρος του υδρογόνου που παράγεται στη βιομηχανία δημιουργείται από φυσικό αέριο ή κάρβουνο, που απελευθερώνει CO₂ στην ατμόσφαιρα. Το υδρογόνο μπορεί να αποθηκευτεί σε φιάλες υδρογόνου, που έχουν τη δυνατότητα να παράγουν απευθείας ηλεκτρική ενέργεια και έχουν μηδενικές εκπομπές. Αναφέρεται ότι οι φιάλες υδρογόνου έχουν αρκετά μεγάλο βάρος και υψηλό κόστος. Η περιεκτικότητα του υδρογόνου σε ενέργεια ανά μονάδα μάζας είναι 2,8 φορές υψηλότερη από το πετρέλαιο ντίζελ, ενώ το υγροποιημένο υδρογόνο παρουσιάζει την ίδια ενέργεια με το CNG. Το υγροποιημένο υδρογόνο απαιτεί 5 φορές τον όγκο αποθήκευσης σε σχέση με πετρέλαιο.

Στη συνέχεια, εξετάζεται η εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) σε ένα αλιευτικό με συρόμενα εργαλεία. Οι συγγραφείς τονίζουν την ανάγκη αποθήκευσης της ενέργειας στην περίπτωση παραγωγής της από ανανεώσιμες πηγές και την ανάγκη κάλυψης μεγάλων ενεργειακών φορτίων για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για την κάλυψη των απαιτήσεων του σκάφους χρειάζονται μεγάλος όγκος μπαταριών, οι οποίες έχουν μεγάλο βάρος και κόστος. Ένας εναλλακτικός τρόπος αποθήκευσης ενέργειας που προτείνει είναι η αποθήκευση του σε μορφή υδρογόνου σε κυλίνδρους υπό πίεση. Αναλύεται η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας στο σκάφος και υπογραμμίζεται η αδυναμία κάλυψης του ενεργειακού φορτίου λόγω έλλειψης διαθέσιμου χώρου για την τοποθέτηση Φ/Β πλαϊσίων. Υπολογίζει ότι σε ένα αλιευτικό που χρησιμοποιεί 150kW, για την κάλυψη του 2% από ηλιακή ενέργεια απαιτείται η τοποθέτηση Φ/Β πλαίσια σε μια επιφάνεια 22m². Επίσης, θα ήταν πιο οικονομικό και πιο εφικτό να παράγεται η ενέργεια από ανανεώσιμες ενέργειες στη στεριά και να αποθηκεύεται σε μορφή υδρογόνου, το οποίο να αποτελεί το κύριο καύσιμο του αλιευτικού. Εξετάζεται η χρήση αιολικής ενέργειας με εγκατάσταση μικρών Α/Γ στην επιφάνεια του αλιευτικού. Τονίζει τις δυσκολίες εφαρμογής των Α/Γ στις επιφάνειες του αλιευτικού λόγω των χρήσεων των επιφανειών του και την αρνητική επίδραση της χαμηλής ταχύτητας κίνησης του σκάφους. Επιπλέον, προτείνει την εφαρμογή Α/Γ κάθετου άξονα για την πλήρη εκμετάλλευση του ανέμου ανεξαρτήτως κατεύθυνσης. Αναφέρει ότι 1% κάλυψη ενός φορτίου ίσο με 1,5kW θα απαιτούσε την εφαρμογή 15 Α/Γ κατακόρυφου άξονα. Η τελευταία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που αναφέρεται είναι η κυματική και δηλώνεται η μη δυνατή εφαρμογή της σε αλιευτικό, λόγω υψηλής επικινδυνότητας.

Η έρευνα καταγράφει και αξιολογεί τα διάφορα είδη των κινητήρων που υπάρχουν στην αγορά. Οι κινητήρες μεσαίας ταχύτητας παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση, αλλά λόγω του μεγάλου τους μεγέθους καθίστανται απαγορευτικοί για τα αλιευτικά. Οι ηλεκτρικές μηχανές παρουσιάζουν υψηλές αποδόσεις καυσίμων και μειωμένες εκπομπές και θόρυβο. Τονίζονται οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας. Υποστηρίζεται ότι με την χρήση ηλεκτρικού κινητήρα το αλιευτικό πλησιάζει τη μέγιστη δυνατή απόδοση. Ο σωστός συγχρονισμός της κίνησης της προπέλας και του κινητήρα επηρεάζει πολύ την ένταση χρήσης καυσίμων. Επισημαίνεται το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται κατά μέσο όρο στη λειτουργία ενός πλοίου. Προτείνεται η εκμετάλλευση των θερμών αερίων και υγρών που αποτελούν απόβλητα του κινητήρα ως πηγή για θέρμανση νερού στο καράβι. Ακόμη, καταγράφει τα οφέλη χρήσης θερμοηλεκτρικών στο αλιευτικό για την ανάκτηση και εκμετάλλευση τις εξατμίσεων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αν ένα θερμοηλεκτρικό μετασχημάτιζε το 20% των θερμικών αποβλήτων τότε επιτυγχάναμε εξοικονόμηση ενέργειας κατά 10% από τον κινητήρα.

Μια ακόμη επιστημονική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον τομέα της αλιείας διεκπεραιώθηκε το 2009 από το πανεπιστήμιο της Τασμανίας στην Αυστραλία. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε αλιευτικό με τράτα βυθού και έπειτα από ενεργειακή επιθεώρηση, αξιολόγησε ορισμένες προτάσεις με στόχο την μείωση ενεργειακών καταναλώσεων και εξόδων του αλιευτικού. Η πρώτη αλλαγή που αξιολογεί είναι η μείωση της ταχύτητας πλεύσης, που αφορά αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας. Η μείωση στην ταχύτητα πλεύσης έχει μηδενικό κόστος για το σκάφος και θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση κατανάλωσης καυσίμων κατά 52% την ώρα την ώρα μετακίνησης του από το λιμάνι στην ζώνη αλιείας. Αναφέρει ότι ο μετασχηματισμός αυτός στη λειτουργία του σκάφους μπορεί να οδηγήσει ένταση χρήσης καυσίμου στο 70% της αρχικής. Τονίζεται ότι η μείωση της ταχύτητας πλεύσης, σημαίνει περισσότερο χρόνο στην θάλασσα για το πλήρωμα το οποίο πιθανά να μην υπολογιζόταν στον μισθό τους. Η δεύτερη πρόταση που αξιολογήθηκε ήταν ο μετασχηματισμός του σκελετού του σκάφους με την τοποθέτηση βολβώδεις τόξου. Ο συγκεκριμένος μετασχηματισμός του σκελετού μειώνει την αντίσταση του πλοίου κατά 10% και θεωρείται ιδανικό σε πλοία που διανύουν μεγάλες αποστάσεις. Εκτιμάται ότι η απαίτηση των καυσίμων θα μειωθεί ελαφριά, λιγότερο από 5%, και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης θα είναι μόλις ένα έτος [Thomas et al., 2009].

Υπάρχουν τα κύρια εξαρτήματα σε ένα αλιευτικό, οι σωλήνες καρίνα-ψύξης και οι μεντεσέδες πτερύγια των υδροσυλλεκτών, που χρησιμοποιούνται για τη ψύξη του κινητήρα. Αλλάζοντας το σχήμα της διατομής και της μορφής των πτερυγίων των υδροσυλλεκτών, εκτιμάται ότι οδηγεί στη μείωση της οπισθέλκουσας δύναμης του σκάφους κατά 2% περίπου, διατηρώντας παράλληλα τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία του. Η αλλαγή των εξαρτημάτων αλλοίωσης, υπολογίστηκε ότι θα

μειώσει την κατανάλωση κατά λιγότερο από 5%. Η επένδυση θα αποπληρωθεί σε λιγότερο από 3 χρόνια. Τονίζεται το πόσο σημαντικό είναι να καθαρίζονται ο σκελετός του αλιευτικού και η προπέλα από τους ζωντανούς οργανισμούς που επικολλούνται και αναπτύσσονται στην επιφάνειά του κάθε έτος. Το στρώμα που σχηματίζεται αποκτά μεγάλο βάρος και μειώνει σημαντικά την απόδοση της προπέλας. Επίσης, αυξάνεται η αντίσταση κατά την πλεύση του πλοίου. Επιπλέον, υπογραμμίζεται το μέγεθος της γεννήτριας που χρησιμοποιείται στα αλιευτικά και οι ώρες λειτουργίας της. Η γεννήτρια παράγει πολύ μεγαλύτερα ενεργειακά φορτία από αυτά που απαιτούνται και προτείνεται είτε η μείωση των ωρών λειτουργίας της είτε η αντικατάσταση της από μια γεννήτρια μικρότερου μεγέθους. Η αποπληρωμή του κεφαλαίου που απαιτείται για την αντικατάσταση της γεννήτριας υπολογίζεται σε λιγότερο από 2 χρόνια και θα οδηγήσει στη μείωση των καυσίμων κατά 10%.

Μια ακόμη επιλογή που αξιολογείται είναι η αντικατάσταση ολόκληρου του κινητήρα με έναν πιο σύγχρονης τεχνολογίας και καλύτερης απόδοσης. Η συγκεκριμένη επένδυση είναι ακριβή και ο χρόνος αποπληρωμής της αγγίζει τα 7 χρόνια. Εκτιμάται ότι θα μειωνόταν η κατανάλωση καυσίμων κατά 17,4% ετησίως. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ότι πιθανά να είχε θετικά αποτελέσματα η αντικατάσταση της προπέλας του σκάφους από μια με καλύτερη απόδοση. Η αντικατάσταση του εξωτερικού και εσωτερικού φωτισμού του αλιευτικού από λαμπτήρες φθορίου, θα μείωνε την ετήσια κατανάλωση κατά 3% και η αποπληρωμή της επένδυσης θα γινόταν σε μισό χρόνο. Τέλος, στην περίπτωση συνδυασμού όλων των αναφερόμενων μετασχηματισμών η μείωση των καυσίμων θα έφτανε το 55% ετησίως.

Το Μάιο του 2013 εκδόθηκε η επιστημονική έρευνα που διερεύνησε το ενδεχόμενο αύξησης της απόδοσης των αλιευτικών και εξοικονόμηση της ενέργειας τους. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρία διαφορετικά είδη αλιευτικών. Μετά την ολοκλήρωση ενεργειακών επιθεωρήσεων στα αλιευτικά προτάθηκαν ορισμένοι μετασχηματισμοί για την εξοικονόμηση της ενέργειας τους. Η πρώτη αλλαγή που αξιολογήθηκε ήταν η τοποθέτηση συστήματος παρακολούθησης της κύριας μηχανής και η μείωση της ταχύτητας κίνησης του αλιευτικού. Η συγκεκριμένη επένδυση υπολογίστηκε στα 8.000€ και η αποπληρωμή του κεφαλαίου σε λιγότερο από ένα έτος. Η ενέργεια που εξοικονομείται ετησίως προσδιορίστηκε στα 15.000 L και ισούται με το 15% της ετήσιας κατανάλωσης. Εν συνέχεια, αξιολογήθηκε ο μετασχηματισμός του σκελετού του σκάφους για τη τοποθέτηση βολβώδες τόξου. Ο μετασχηματισμός απαιτεί επένδυση υπολογίστηκε στα 100.000€ και για την αποπληρωμή του κεφαλαίου απαιτούνται περισσότερο από 10 χρόνια. Το φορτίο ενέργεια που εξοικονομείται ετησίως προσδιορίστηκε στα 10.800 L και ισούται με το 5% της ετήσιας κατανάλωσης [Basurko et al., 2013].

Ο επόμενος μετασχηματισμός που ερευνήθηκε ήταν η αντικατάσταση της προπέλας με μία μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης. Η πρόταση αυτή για την διεξαγωγή της απαιτεί κεφάλαιο ύψους 20.000€, το οποίο θα αποπληρωθεί μετά το πέρας τεσσάρων χρόνων. Η κατανάλωση καυσίμων έπειτα από την εφαρμογή της νέας προπέλας θα ελαττωθεί κατά 8.200 L και η ετήσια μείωση καυσίμων θα αγγίζει το 4%. Για το αλιευτικό που χρησιμοποιεί τράτα βυθού ως μέθοδο αλιείας προτείνεται η μείωση της αντίστασης, λόγω των συρόμενων εργαλείων με μία επένδυση 15.000€. Η αποπληρωμή του μετασχηματισμού θα πραγματοποιηθεί σε λιγότερο από ένα έτος και τα καύσιμα που θα εξοικονομήσει σε ένα έτος θα είναι ίσα με 57.500 L, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 15%. Η έρευνα για την τοποθέτηση αντιρρυπαντικού στις εξωτερικές επιφάνειες του σκελετού του σκάφους θα κοστίσει 55.000€, η επένδυση θα αποπληρωθεί σε πάνω από 10 χρόνια. Η συγκεκριμένη ενέργεια υπολογίζεται ότι θα εξοικονομήσει 5.600 L, δηλαδή 2,5% των ετήσιων καταναλώσεων.

Η αντικατάσταση των λαμπτήρων φωτισμού του αλιευτικού από φθορίου των 18W σε LED, θα κοστίσει 7.000€, ποσό που θα αποπληρωθεί σε 3 χρόνια. Υπολογίζεται ότι σε αυτή την περίπτωση θα ελαττωθεί η ετήσια κατανάλωση καυσίμων κατά 4.000 L, ποσό που αντιστοιχεί στο 0,5% ετησίως. Επιπλέον, η αντικατάσταση των εστιών της κουζίνας σε πιο αποδοτικές, θα κοστίσει 3.000€ και θα αποπληρωθεί σε 1,5 έτος. Η ελάττωση των ενεργειακών αναγκών θα αγγίζει το 0,4%, δηλαδή 2.600 L ανά έτος. Τέλος, η εγκατάσταση μετατροπών συχνότητας για τους ηλεκτρικούς κινητήρες αποτελεί κεφάλαιο ύψους 5.400€ και η αποπληρωμή του θα πραγματοποιηθεί σε ένα έτος. Η εξοικονόμηση των καυσίμων ετησίως υπολογίζεται στα 5.300 L, δηλαδή 0,9% των ετήσιων αναγκών.

3 Μεθοδολογία

Η αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενεργειακής αυτονομίας αλιευτικών σκαφών, πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένο τύπο αλιευτικών. Το είδος του αλιευτικού που διερευνήθηκε σε βάθος ήταν σκάφος με συρόμενα εργαλεία (τράτα βυθού). Τα αλιευτικά που χρησιμοποιούν τράτα βυθού σημειώνουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε ενέργεια, σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπος αλιείας [Basurko, 2012]. Ορίστηκε ένα αλιευτικό με συρόμενα εργαλεία ως πρότυπο, για την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Τα χαρακτηριστικά αυτού του σκάφους συμφωνούν με την πλειοψηφία των αλιευτικών αυτού του τύπου που είναι ενεργά.

Αρχικά, έγινε η επιλογή του σκάφους που θα χρησιμοποιούταν ως δείγμα. Το σκάφος έπρεπε να είναι σχετικά σύγχρονο, να συμφωνεί με την πλειοψηφία των σκαφών αυτού του τύπου και να υπάρχει διαθέσιμος μεγάλος όγκος δεδομένων. Το αλιευτικό που διερευνήθηκε πληροί τα παραπάνω κριτήρια. Ήταν διαθέσιμα δεδομένα για όλο το χρόνο ζωής του σκάφους και το μέγεθος του είναι πανομοιότυπο των άλλων αλιευτικών.

Τα χαρακτηριστικά του αλιευτικού που καταγράφηκαν ήταν το έτος κατασκευής του, το υλικό από το οποίο αποτελείται, οι διαστάσεις του, τα χαρακτηριστικά της κύριας μηχανής, ο αριθμός των μελών του πληρώματος, η περιοχή της θάλασσας στην οποία αλιεύει, τα είδη των αλιευμάτων που πιάνει, το λιμάνι στο οποίο δένει, το διάστημα που βρίσκεται στη θάλασσα και αντίστοιχα το διάστημα που βρίσκεται στη στεριά. Επίσης, χρειάστηκαν τα ναυπηγικά σχέδια του συγκεκριμένου σκάφους και μια περιγραφή από το ίδιο το πλήρωμα των χρήσεων των διάφορων επιφανειών. Επιπλέον, ακολούθησε αναλυτική περιγραφή των διαφόρων διεργασιών που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια μίας τυπικής ημέρας στη θάλασσα για τη συλλογή αλιευμάτων και την επεξεργασία τους.

Ο όγκος δεδομένων που ήταν διαθέσιμος για επεξεργασία κάλυπτε όλο το χρόνο ζωής του αλιευτικού, δηλαδή δεκαπέντε χρόνια. Το σκάφος κατασκευάστηκε το 2000 και ξεκίνησε να δουλεύει το 2001 έως και σήμερα. Ο χρόνος ζωής ενός αλιευτικού με τη σωστή συντήρηση και ανοδική προστασία με ανόδια Zn μπορεί να αγγίζει τα 50 με 60 χρόνια. Τα δεδομένα περιείχαν τα έξοδα του αλιευτικού για την προμήθεια πετρελαίου και τις ποσότητες πετρελαίου ντίζελ που κατανάλωνε κατά τη διάρκεια κάθε ταξιδιού. Τα στοιχεία αυτά επεξεργάστηκαν και προσδιορίστηκε η τιμή ανά L πετρελαίου στο λιμάνι της Σενεγάλης από το οποίο προμηθεύεται τα καύσιμα του το αλιευτικό και με το σχηματισμό διαγράμματος και την εμφάνιση της γραμμής τάσης και του δείκτη R^2 προσδιορίστηκε η τάση του. Συνδυάζοντας, τις ποσότητες καύσης πετρελαίου ντίζελ με τα χαρακτηριστικά που παρέχονται από την εταιρεία κατασκευής της κύριας μηχανής, υπολογίστηκαν αναλυτικά οι εκπομπές

του αλιευτικού σε ετήσια βάση ¹. Αναλυτικότερα, οι σημαντικότερες ετήσιες εκπομπές που υπολογίζονται και αποτελούν κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι το CO₂, το NO_x και το SO_x. Αξίζει να σημειωθεί, ότι παρουσιάζονται όλες οι εκπομπές που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα σε ετήσια βάση κατά την καύση του πετρελαίου ντίζελ από την κύρια μηχανή. Οι εκπομπές αυτές αποτελούνται από N₂, O₂, υδρατμοί, CO, HC, τέφρα, αιθάλη και άλλα αδρανή αέρια, όπως Ar, Ne και He.

Τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα παρουσιάζονταν ανά χρονικό διάστημα ταξιδιού. Περίοδος ενός ταξιδιού του αλιευτικού θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα από την στιγμή που αποχωρούσε από το λιμάνι μέχρι τη στιγμή που ξανά επέστρεφε. Το χρονικό διάστημα ενός ταξιδιού δεν είναι σταθερό, εξαρτάται από το διάστημα που πιθανά να χρειαστεί για να φτάσει τη μέγιστη χωρητικότητα αλιευμάτων. Τα δεδομένα που παρέχονται ανά ταξίδι περιλαμβάνουν τη διάρκεια του σε ημέρες, την ποσότητα αλιευμάτων που αλιεύτηκαν και την αξία τους, τοποθεσία αλιείας και ημέρες αγκυροβόλησης στη στεριά μετά την επιστροφή στο λιμάνι. Έπειτα, γνωρίζοντας τη ταχύτητα με την οποία κινείται το σκάφος εν ώρα αλιείας και εν ώρα μετακίνησης του από και προς τη ζώνη αλιείας, υπολογίστηκαν τα ναυτικά μίλια που διανύει ανά ταξίδι. Οι πληροφορίες για τη ταχύτητα με την οποία κινείται το αλιευτικό και τις ώρες που χρειάζεται για να φτάσει στην αντίστοιχη ζώνη αλιείας, συλλέχθηκαν από τον καπετάνιο.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν επεξεργάστηκαν με στόχο την εύρεση δεικτών και την τάση τους με τη πάροδο των χρόνων. Αρχικά, προσδιορίστηκε η παραγωγικότητα κάθε ταξιδιού ως η ποσότητα αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν προς τα ναυτικά μίλια που καλύφθηκαν στη διάρκεια ενός ταξιδιού. Ο ίδιος δείκτης παραγωγικότητας υπολογίστηκε για το σύνολο των ταξιδιών ενός έτους, λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική ποσότητα αλιευμάτων που εκφορτώθηκε ανά έτος ως προς τα αντίστοιχα ναυτικά μίλια που διανύθηκαν. Στη συνέχεια, σχηματίστηκε διάγραμμα που παρουσίαζε την παραγωγικότητα κάθε έτους από το 2001 έως και το 2015. Προσαρμόστηκε στο παραπάνω διάγραμμα η γραμμή τάσης και ο δείκτης R². Αξίζει να σημειωθεί, ότι όλα τα δεδομένα μετατράπηκαν από την διάρκεια ενός ταξιδιού σε ετήσια δεδομένα για τη διευκόλυνση εύρεσης των διακυμάνσεων τους ανά έτος. Πιο συγκεκριμένα, μετατράπηκε η ποσότητα εκφόρτωσης και η αξία των αλιευμάτων, ο αριθμός των ταξιδιών, τα ναυτικά μίλια που διανύθηκαν, οι ημέρες στη θάλασσα και ο αριθμός των ημερών που το σκάφος βρισκόταν αγκυροβολημένο στο λιμάνι σε ετήσια βάση.

Εν συνέχεια, προσδιορίστηκε η ένταση χρήσης καυσίμου ως η ποσότητα κατανάλωσης πετρελαίου ντίζελ προς την ποσότητα εκφόρτωσης αλιευμάτων ανά έτος και απεικονίστηκε σε διάγραμμα με εμφάνιση της γραμμής τάσης και του

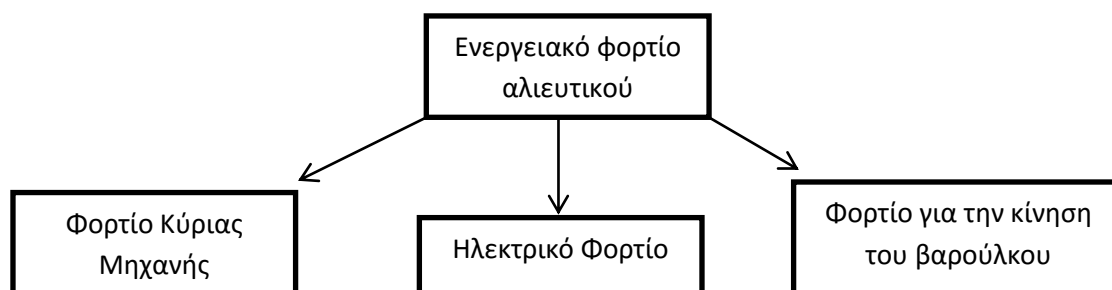
¹ (http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L23-30H_GenSet_TierII.pdf) [10/2015]

δείκτη R^2 . Επιπλέον, υπολογίστηκε η τιμή πώλησης των αλιευμάτων ανά kg ανά έτος και σχεδιάστηκε το αντίστοιχο διάγραμμα, η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 . Μια ακόμη παράμετρος που σχηματίστηκε ήταν η επίδραση της τιμής πώλησης, δηλαδή η ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε σε L προς αλιεύματα αξίας 1.000 € σε χρονικό διάστημα ενός έτους. Σχηματίστηκε το αντίστοιχο διάγραμμα, η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 .

Τέλος, υπολογίστηκε το ανθρακικό αποτύπωμα του συγκεκριμένου αλιευτικού ανά έτος. Πιο συγκεκριμένα, ως ανθρακικό αποτύπωμα θεωρήθηκε η ποσότητα του CO_2 που απελευθερώθηκε στην ατμόσφαιρα κατά την καύση του πετρελαίου από το σκάφος για την παραγωγή της απαραίτητης ενέργειας που χρειάζεται για την κάλυψη των αναγκών του, προς την ποσότητα των αλιευμάτων που εκφόρτωσε σε χρονικό διάστημα 1 έτους. Το ανθρακικό αποτύπωμα σχεδιάστηκε σε μορφή διαγράμματος για τα δεκαπέντε χρόνια δεδομένων που ήταν διαθέσιμα και προσαρμόστηκε η γραμμή τάσης του και ο δείκτης R^2 .

Πραγματοποιήθηκε έρευνα για την εύρεση των ενεργειακών αναγκών του αλιευτικού κατά την διάρκεια λειτουργίας του. Έγινε καταγραφή όλου του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στο αλιευτικό και των ωρών που λειτουργεί σε καθημερινή βάση, για τον εντοπισμό του ηλεκτρικού φορτίου που χρειάζεται για την κάλυψη των αναγκών του αλιευτικού σε μια ημέρα στη θάλασσα. Καθορίστηκαν τα διαφορετικά συστήματα της κάθε κατηγορίας, δηλαδή η ένταση, η τάση και οι ώρες λειτουργίας προσδιορίστηκε η ισχύς και η ηλεκτρική ενέργεια του καθενός αντίστοιχα. Το ενεργειακό φορτίο του αλιευτικού μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες. Το ηλεκτρικό φορτίο, το φορτίο που είναι απαραίτητο για την λειτουργία της κύριας μηχανής επομένως η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κίνηση του σκάφους και το φορτίο που χρειάζεται για την ανύψωση των συρόμενων εργαλείων αλιείας από τον πυθμένα της θάλασσας.

Σχεδιάγραμμα ενεργειακού φορτίου:



Αναλυτικότερα, το ηλεκτρικό φορτίο του σκάφους χωρίστηκε σε διάφορες υποκατηγορίες ανάλογα με τις ανάγκες που καλύπτει. Πιο συγκεκριμένα, οι υποκατηγορίες αυτές είναι ο φωτισμός, ο εξοπλισμός κουζίνας, η θέρμανση νερού,

η αφαλάτωση, ο εξοπλισμός γέφυρας, ο αερισμός σκάφους και η ψύξη εμπορευμάτων. Αφού υπολογίστηκε το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο βρέθηκε το ποσοστό που καταλαμβάνει κάθε υποκατηγορία σε σχέση με το ολικό ηλεκτρικό φορτίο και εμφανίστηκε σε κυκλικό διάγραμμα. Επιπρόσθετα, γνωρίζοντας το είδος της κύριας μηχανής και ρωτώντας τον υπεύθυνο μηχανικό του σκάφους για τις ώρες λειτουργίας της σε καθημερινή βάση και το ποσοστό της ισχύος του στο οποίο λειτουργεί, προσδιορίστηκε η ενέργεια που καταβάλλεται για την πλοήγηση του σκάφους. Αξίζει να σημειωθεί, ότι θεωρήθηκε ως κομμάτι αυτής της κατηγορίας και το φορτίο αναγκαίο για το φιλτράρισμα των λαδιών και του πετρελαίου της μηχανής. Η τρίτη κατηγορία που καταναλώνει ενέργεια για τη λειτουργία της κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι τα εργαλεία αλιείας. Από συνέντευξη με το μηχανικό του σκάφους βρέθηκε το ποσοστό της ισχύος του μοτέρ στο οποίο λειτουργεί το βαρούλκο κατά τη διάρκεια αλιείας και τις ώρες που χρησιμοποιείται ανά ημέρα. Προσδιορίστηκε το συνολικό ενεργειακό φορτίο που καταναλώνεται σε μια τυπική ημέρα στη θάλασσα και τα ποσοστά που αντιστοιχούν στην κάθε κατηγορία τα οποία απεικονίστηκαν σε κυκλικό διάγραμμα.

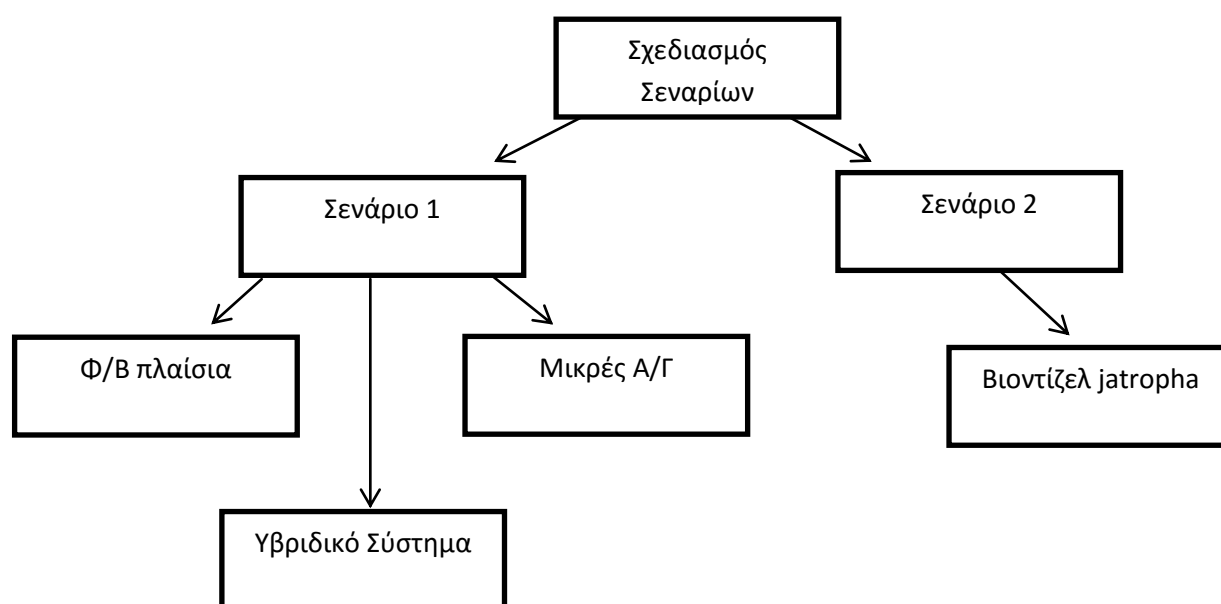
Το ενεργειακό φορτίο που απαιτείται για την ορθή λειτουργία του αλιευτικού μετατράπηκε σε ετήσιο γνωρίζοντας τον ακριβή αριθμό των ημερών που βρισκόταν στη θάλασσα ανά έτος. Έπειτα, ξέροντας ότι όλη η απαραίτητη ενέργεια παρέχεται στο σύστημα από την καύση της κύριας μηχανής προσδιορίστηκε η ποσότητα του πετρελαίου που αντιστοιχεί στη παροχή μιας kWh στο συγκεκριμένο σκάφος. Με την παραπάνω εύρεση ορίστηκε το κόστος κάθε kWh του αλιευτικού που επηρεάζεται πλήρως από την τιμή του πετρελαίου. Συγκρίθηκε το κόστος που καταβάλλεται για την προμήθεια καυσίμων με τα ακαθάριστα έσοδα από τα εμπορεύματα που αλιεύονται σε ετήσια βάση και υπολογίστηκε το ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αποτελούν τα έξοδα για πετρέλαιο.

Αφού καθορίστηκαν όλες οι λειτουργίες του σκάφους και όλες οι ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν για την ομαλή λειτουργία του καθημερινά, διαμορφώθηκαν δύο σενάρια προς αξιολόγηση της βιωσιμότητας τους με στόχο την ενεργειακή αυτονομία του αλιευτικού. Το πρώτο σενάριο διερεύνησε τη δυνατότητα κάλυψης των αναγκών του ηλεκτρικού εξοπλισμού είτε εν μέρει είτε συνολικά προσαρμόζοντας εναλλακτικές μορφές ενέργειας πάνω στο υπάρχον σκάφος. Το δεύτερο σενάριο διερεύνησε την δυνατότητα καύσης βιοντίζελ αντί για το υπάρχον χρησιμοποιούμενο καύσιμο για την κάλυψη του ολικού ενεργειακού φορτίου.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο σενάριο μελετήθηκαν τρία πιθανά ενδεχόμενα. Αρχικά, ύστερα από μελέτη των σχεδίων και ενημέρωση του πληρώματος για τη χρησιμότητα των χώρων, καθορίστηκαν οι πιθανές επιφάνειες αξιοποίησης για την εφαρμογή εναλλακτικών μορφών ενέργειας χωρίς την παρεμπόδιση των εργασιών του σκάφους. Αξίζει να σημειωθεί, ότι επιλέχθηκε να μην μεταποιηθεί η δομή του

σκάφος ώστε να μην δημιουργηθούν πιθανά προβλήματα στατικότητας που ενδεχόμενα θέσουν σε κίνδυνο το πλοίο. Το πρώτο ενδεχόμενο διερεύνησε την δυνατότητα τοποθέτησης φωτοβολταϊκών (Φ/Β) πλαισίων σε μη χρησιμοποιήσιμες επιφάνειες του αλιευτικού. Το δεύτερο μελέτησε τη πιθανότητα προσαρμογής μικρών ανεμογεννητριών στο σκάφος χωρίς να εμποδίσει τις λειτουργίες του. Το τρίτο και τελευταίο ασχολείται με τον συνδυασμό και των δύο ειδών εναλλακτικών μορφών ενέργειας σχηματίζοντας και αξιολογώντας ένα υβριδικό σύστημα τοποθετημένο πάνω στο σκάφος. Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πλαίσια και οι μικρές ανεμογεννήτριες που επιλέχθηκαν είναι ειδικά σχεδιασμένες για τη θάλασσα, δηλαδή παρουσιάζουν ανθεκτικότητα ως προς τις καιρικές συνθήκες της. Τα χαρακτηριστικά και οι τιμές τους πάρθηκαν από την αγορά και πιο συγκεκριμένα από την ιστοσελίδα της εταιρείας Emarine.²

Σχεδιάγραμμα Σεναρίων:



Για την επιλογή των μοντέλων των Φ/Β πλαισίων και των ανεμογεννητριών πραγματοποιήθηκε έρευνα στην αγορά για είδη που μπορούν να τοποθετηθούν σε σκάφη και να εμφανίζουν καλή απόδοση και ανθεκτικότητα στις συνθήκες της θάλασσας. Τα μοντέλα βρέθηκαν από εταιρείες τις αγοράς που ειδικεύονται σε συστήματα εκμετάλλευσης των εναλλακτικών μορφών ενέργειας εκτός στεριάς. Τα χαρακτηριστικά και οι τιμές τους ανά τεμάχιο είναι αυτές που παρείχαν οι εταιρείες της αγοράς. Συλλέχθηκαν πληροφορίες για αριθμό διαφορετικών μοντέλων και διερευνήθηκε σε βάθος η προσαρμογή τους στο σύστημα. Αρχικά, σχεδιάστηκε η τοποθέτηση τους στο χώρο και υπολογίστηκε δυνατός αριθμός τεμαχίων που

² www.emarineinc.com [03/2016]

μπορούν να προσαρμοστούν στις υπάρχον επιφάνειες. Έπειτα, βρέθηκε το συνολικό κόστος, βάρος και η ισχύς του κάθε μοντέλου στην περίπτωση επιλογής του αντίστοιχα.

Για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας θεωρήθηκε σημαντικό να ερευνηθούν δύο σενάρια, η επιλογή πλαισίων με κριτήριο την τιμή τους και πλαισίων με κριτήριο την απόδοση τους. Τα δύο σενάρια εκπληρώνουν δύο στόχους, τη χαμηλότερη επένδυση χρημάτων και αντίστοιχα τη μέγιστη παραγωγή ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, γνωρίζοντας τις καιρικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις μέσες μηνιαίες τιμές kWh/(m²·day) της Σενεγάλης ³, καθορίστηκε η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κάθε μοντέλου Φ/Β πάνελ ανά ημέρα κάθε μήνα. Σχεδιάστηκε το διάγραμμα που αναδεικνύει την παραγωγή ενέργειας των πλαισίων ανάλογα με τον μήνα. Επιπλέον, καθορίστηκε η τιμή κάθε kWh για το συνολικό χρόνο ζωής των πλαισίων που θεωρήθηκε 20 έτη και το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας ανά ημέρα. Ακολούθησε έρευνα για την κάλυψη όλου του ηλεκτρικού φορτίου του σκάφους. Προσδιορίστηκε η έκταση που χρειαζόταν να δεσμευτεί για τη τοποθέτηση των Φ/Β πάνελ και το αντίστοιχο κόστος, ο αριθμός τους και το βάρος τους. Θεωρήθηκε ακόμη σημαντικό να προσδιοριστούν οι εκπομπές του CO₂, του NO_x και του SO_x που δεν θα απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα καθώς και οι νέες μειωμένες εκπομπές του αλιευτικού στην περίπτωση εγκατάστασης των Φ/Β πάνελ με βάση ένα από τα παραπάνω σενάρια.

Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας θεωρήθηκε σημαντικό να επιλεγεί το μοντέλο της ανεμογεννήτριας με κριτήριο την απόδοση της. Η επιλογή αυτή στοχεύει στη μέγιστη παραγωγή ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας το συντελεστή χρησιμότητας της περιοχής [Mukasa et al., 2013], καθορίστηκε η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των ανεμογεννητριών κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Ο συντελεστής χρησιμότητας που επιλέχθηκε ήταν για ανεμογεννήτριες εκτός στεριάς στην Αφρική. Επιπλέον, καθορίστηκε η τιμή κάθε kWh για το συνολικό χρόνο ζωής των ανεμογεννητριών που θεωρήθηκε 20 χρόνια και το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας ανά ημέρα. Ακολούθησε έρευνα για τη κάλυψη όλου του ηλεκτρικού φορτίου του σκάφους. Προσδιορίστηκε η έκταση που χρειαζόταν να δεσμευτεί για την τοποθέτηση των ανεμογεννητριών και το αντίστοιχο κόστος, το πλήθος τους και το βάρος τους. Θεωρήθηκε ακόμη σημαντικό να προσδιοριστούν οι εκπομπές του CO₂, του NO_x και του SO_x που δεν θα απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα καθώς και οι νέες μειωμένες εκπομπές του αλιευτικού στην περίπτωση εγκατάστασης των ανεμογεννητριών στη περίπτωση ολικής ή μερικής κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών.

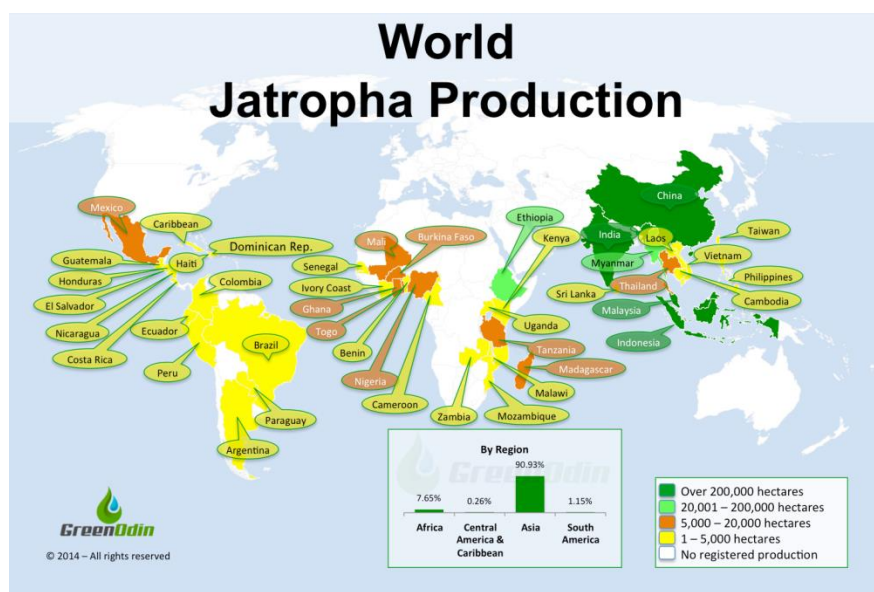
³ <http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html> [05/2016]

Στο τελευταίο μέρος του πρώτου σεναρίου εκτιμήθηκε το ενδεχόμενο συνδυασμού των δύο πρώτων υποπεριπτώσεων, δηλαδή η τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων και των ανεμογεννητριών που σχεδιάστηκαν στο προηγούμενο στάδιο πάνω στις ελεύθερες επιφάνειες του αλιευτικού. Σε αυτό το σενάριο αξιολογήθηκε η δημιουργία δύο ξεχωριστών υβριδικών συστημάτων πάνω στο σκάφος ανάλογα με την επιλογή του τύπου φωτοβολταϊκών Φ/Β πλαισίων που έχουν προαναφερθεί και υπολογίστηκε το κόστος αυτής της επένδυσης, το βάρος των συστημάτων πάνω στο σκάφος και η δυναμικότητα του συστήματος. Το βάρος των συστημάτων του κάθε σεναρίου ελεγχόταν, για ώστε να μην βάλει σε κίνδυνο το αλιευτικό χαλώντας την στατικότητα του. Επιπλέον, καθορίστηκε η τιμή κάθε kWh για το συνολικό χρόνο ζωής των Φ/Β πλαισίων και των ανεμογεννητριών που θεωρήθηκε 20 έτη και το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας ανά ημέρα. Θεωρήθηκε ακόμη σημαντικό να προσδιοριστούν οι εκπομπές του CO₂, του NO_x και του SO_x που δεν θα απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα καθώς και οι νέες μειωμένες εκπομπές του αλιευτικού στην περίπτωση εγκατάστασης του υβριδικού συστήματος.

Στο δεύτερο σενάριο διερευνήθηκε η δυνατότητα ολικής κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του αλιευτικού από βιοντίζελ και αντίστοιχα η ολική κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών. Πραγματοποιήθηκε έρευνα στην αγορά για τον εντοπισμό των περιοχών της Αφρικής που παράγουν τοπικά βιοντίζελ [Mitchell, 2008]. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν τα χαρακτηριστικά τους και από ποιά φυτικά ή ζωικά αγαθά παρασκευάζονται [Tsegay et al., 2008]. Στόχος ήταν να εντοπιστεί ένα είδος βιοντίζελ που να παράγεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο λιμάνι που αγκυροβολούσε το αλιευτικό, ώστε να καταναλώνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στον τόπο παραγωγής του. Η κατανάλωση του κοντά στην περιοχή παραγωγής του συνεπάγεται με μικρότερη απόσταση μεταφοράς του προϊόντος, δηλαδή μειώνονται οι εκπομπές στο περιβάλλον λόγω μεταφοράς.

Το βιοντίζελ που παράγεται στις περιοχές της Δυτική Αφρικής είναι από το φυτό *jatropha*. Το φυτό *jatropha* πρώτο εμφανίστηκε στο Μεξικό και στην Κεντρική Αμερική και έπειτα ξεκίνησε να καλλιεργείται σε τροπικές περιοχές, όπως τη Λατινική Αμερική, την Ινδία, την Τροπική Αφρική και τη Δυτική και Ανατολική Ασία (Εικόνα 1) [Satyendra Pratap Singh et al., 2015]. Οι σπόροι του φυτού *jatropha* δεν αποτελούν τροφή και παραδοσιακά έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή σαπουνιών και φαρμάκων (Εικόνα 2). Τα φύλλα του φυτού είναι τοξικά γι' αυτό και χρησιμοποιείται στις τροπικές περιοχές της Αφρικής ως φράχτης για την περίφραξη των σπιτιών με στόχο την απομάκρυνση των ζώων. Η περιεκτικότητα των ξηρών σπόρων σε λάδι κυμαίνεται μεταξύ 30 και 40%. Το λάδι από το *jatropha* είναι κατάλληλο για την παραγωγή βιοντίζελ και για τη χρήση του ως SVO καύσιμο (Εικόνα 3). Το βιοντίζελ που παράγεται από *jatropha* μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκή Ένωσης για τα βιοκαύσιμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι, το

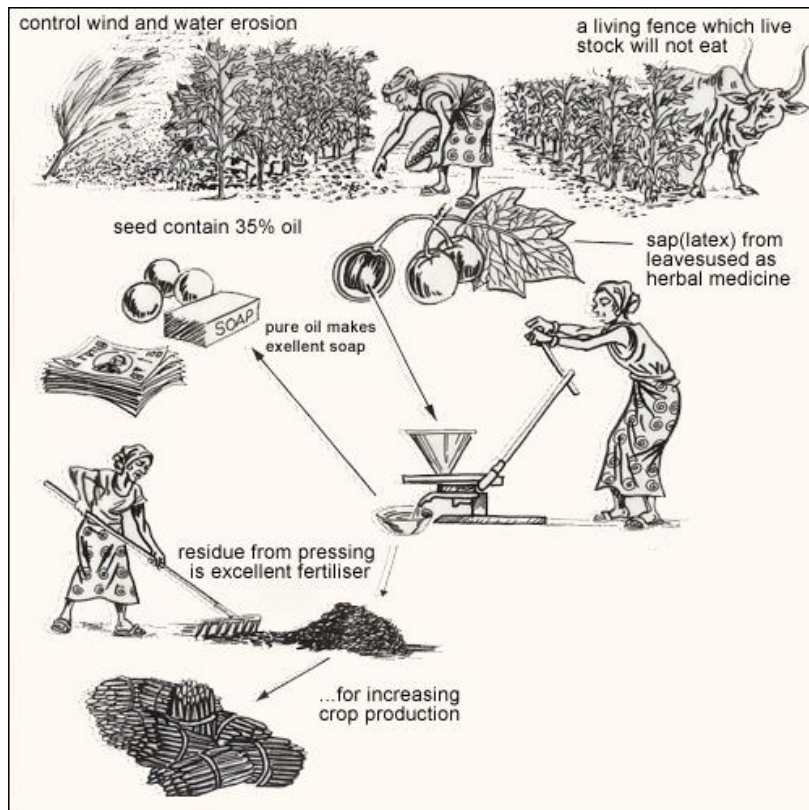
συμπιεσμένο απόβλητο που απομένει μετά την απομάκρυνση του λαδιού παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα αζώτου και αξιοποιείται για την παραγωγή λιπάσματος [Mitchell, 2008].



Εικόνα 1. Φυτείες jatropha στον κόσμο [GreenOdin, 2014].

Στην τροπική περιοχή της Αφρικής, στην οποία ανήκει και η Σενεγάλη, βρέθηκε ότι καλλιεργείται το φυτό jatropha από το οποίο παράγεται και βιοντίζελ. Εκτιμάται ότι οι συνολικές φυτείες jatropha στην Αφρική καλύπτουν περίπου τέσσερα εκατομμύρια εκτάρια μέσα από 117 προγράμματα από τα μέσα του 2015. Στη Σενεγάλη οι φυτείες jatropha καλύπτουν 164.000 ha και αποτελούν κυρίως επενδύσεις ξένων. Οι εκτάσεις αυτές βρίσκονται συγκεντρωμένες στο ανατολικό τμήμα της Σενεγάλης κοντά στον ποταμό. Οι εταιρίες που έχουν επενδύσει στην περιοχή για την καλλιέργεια jatropha προέρχονται από την Ιταλία, την Ολλανδία και τη Ρουμανία και οι αντίστοιχες εταιρείες είναι Nuove Iniziative Industriali SRL, Bioking και Ovidiu Tender. Προσωρινά οι επενδύσεις αυτές βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο. Πραγματοποιείται ανάπτυξη των φυτειών στην τοπική περιοχή και στην συνέχεια θα ξεκινήσει η παραγωγή του βιοντίζελ μετά το πέρας του απαραίτητου χρόνου για την πλήρη ανάπτυξη των καλλιεργειών. Συμπερασματικά, η τιμή του προϊόντος που θα παράγεται στην Σενεγάλη δεν έχει οριστεί ακόμη, καθώς δεν έχει κυκλοφορήσει ακόμα στην αγορά. Γενικά, αναφέρεται ότι το κόστος παραγωγής ενός L βιοντίζελ jatropha υπολογίζεται περίπου στα 0,18 με 0,27 €⁴. Αξίζει να σημειωθεί ότι και το ίδιο το Σενεγαλέζικο κράτος έχει επενδύσει σε καλλιέργειες για την παραγωγή βιοντίζελ με στόχο τη μελλοντική ανεξαρτητοποίηση της περιοχής από εισαγόμενα καύσιμα.

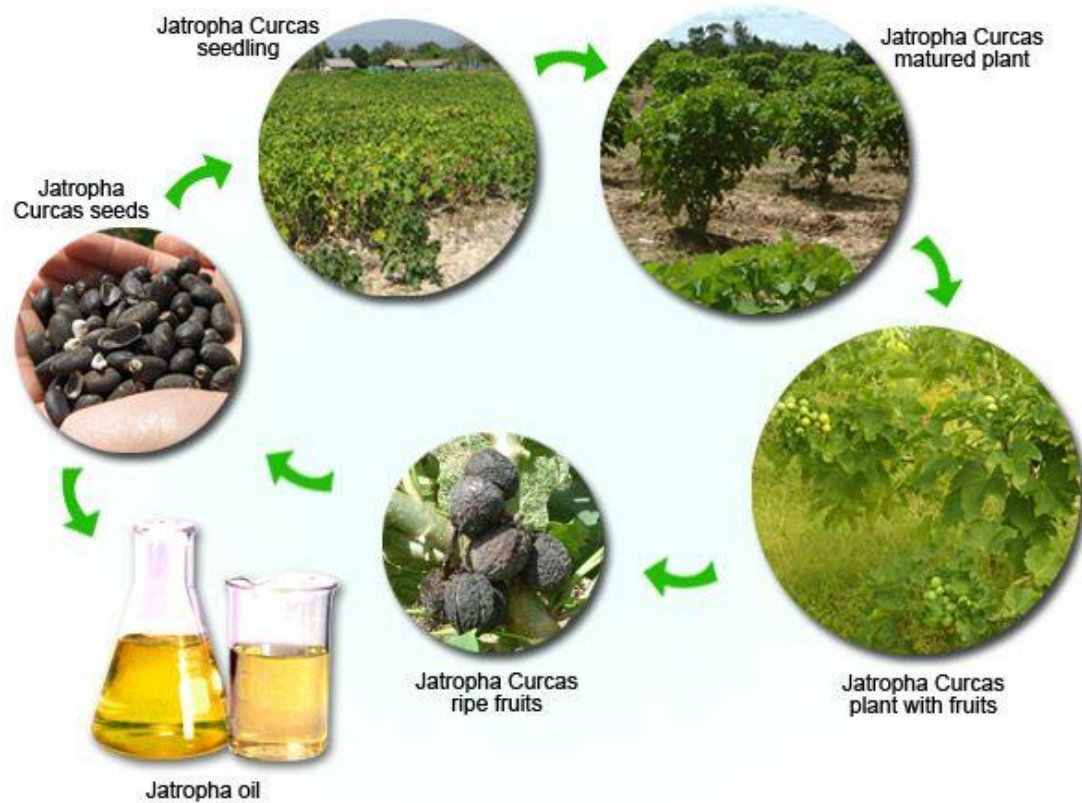
⁴ http://www.nuglobalnrg.com/jatropha_facts_and_figures.html [05/2016]



Εικόνα 2. Χρήσεις φυτού *jatropha*.

Το φυτό *jatropha* εμφανίζεται στη φύση με δύο ξεχωριστές μορφές, είτε σε μορφή θάμνου είτε ως ένα μικρό δέντρο. Το μικρό δέντρο *jatropha* έχει ύψος μερικά μέτρα και καλλιεργείται σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες χωρίς πολλές απαιτήσεις βροχόπτωσης. Οι καρποί του φυτού *jatropha* έχουν ελλειψοειδές σχήμα και ο κάθε καρπός περιέχει δύο με τρεις σπόρους. Η παραγωγική ζωή του δέντρου διαρκεί πάνω από 30 χρόνια. Ένα εκτάριο μιας φυτείας *jatropha* αποδίδει 2,5 με 3,5 tn σπόρους κατά το τρίτο έτος καλλιέργειας του φυτού. Μετά το πέρας των έξι πρώτων ετών αυξάνετε απότομα σε 5000 έως και 12000 tn/ha σπόρων [Ofori-Boateng et al., 2011]. Η ποσότητα παραγόμενου λαδιού από τους σπόρους του καρπού *jatropha* διακυμαίνεται στους 0,13 tn/ha σε μια φυτεία με χαμηλή παραγωγικότητα, ενώ αντίστοιχα μπορεί να φτάσει τους 2,5 τόνους ανά εκτάριο σε μια φυτεία με μέγιστη παραγωγικότητα. Η απόδοση της φυτείας εξαρτάται από τις συνθήκες της περιοχής. Το βιοντίζελ που παράγεται από ένα εκτάριο με απόδοση περίπου 5 tn σπόρους και με 30% περιεκτικότητα λαδιού, αντιστοιχεί σε 1.650 L/ha. Η παραγωγικότητα του *jatropha* ανά εκτάριο και αποδοτικότητα του σε βιοντίζελ ανά εκτάριο παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Μετά από πειραματική μελέτη για την απόδοση του κινητήρα και των εκπομπών κατά τη χρήση βιοντίζελ, παρατηρήθηκε ότι η ισχύς του κινητήρα θα μειωθεί με τη χρήση βιοντίζελ λόγω της θερμογόνου δύναμης του που είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με το πετρέλαιο [Grift et.al, 2010].

Η αποδοτικότητα του βιοντίζελ από jatropha σε σχέση με το πετρέλαιο είναι 95% ⁵ (Εικόνα 4).



Εικόνα 3. jatropha

Πίνακας 1. Παραγωγικότητα και αποδοτικότητα ανά εκτάριο.

	Ελάχιστο	Μέγιστο
Παραγωγικότητα ανά εκτάριο (tn/ha)	5.000	12.000
Αποδοτικότητα ανά εκτάριο (L/ha)	1.650	3.700

⁵ www.jatrophabiodiesel.org [05/2016]



Εικόνα 4. Σύγκριση του βιοντίζελ jatropa με άλλα είδη.

Οι εκπομπές από την καύση λαδιού jatropa μειώνουν το επίπεδο των υδρογονανθράκων από τα 798ppm που παρουσιάζονται στην κατανάλωση πετρελαίου ντίζελ στα 532ppm. Επιπλέον, τα επίπεδα εμφάνισης NO κατά την καύση του λαδιού jatropa ισούται με 1.163ppm, σε αντίθεση με τα επίπεδα NO που εντοπίζονται κατά την κατανάλωση πετρελαίου ντίζελ 1760ppm. Ακόμη, παρατηρείται μείωση του καπνού και με τη χρήση λαδιού jatropa ο καπνός ισούται με 20 BTU [Achteeal, 2008]. Τα επίπεδα NO που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από την καύση jatropa λάδι και βιοντίζελ είναι αντίστοιχα 1.163ppm και 1.760ppm. Στη χρήση βιοντίζελ παρατηρείται μια αύξηση στις εκπομπές NO_x [Haiyan Miao et.al, 2011]. Αντίθετα το βιοντίζελ jatropa έχει μηδενικές εκπομπές SO_x⁶. Το βιοντίζελ jatropa παρουσιάζει σχεδόν μηδενικές εκπομπές CO₂. Στον Πίνακα 2, παρουσιάζεται το ποσοστό του CO₂, O₂ και CO που ανιχνεύεται σε ένα δείγμα καυσαερίων από την καύση ντίζελ, βιοντίζελ jatropa και ανάμειξη 50% ντίζελ και 50% βιοντίζελ jatropa⁷. Έπειτα από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στην Ινδία (University of Petroleum and Energy Studies) προσδιορίστηκαν οι εκπομπές του βιοντίζελ jatropa ανάμικτο με πετρέλαιο ντίζελ σε διάφορες αναλογίες [Ziauddin et al., 2014]. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 2. Ποσοστά ανίχνευσης CO₂, O₂ και CO σε δείγμα καυσαερίων.

Ποσοστό δειγματος αέρα (%)	Ντίζελ	Βιοντίζελ από jatropa	50% Ντίζελ και 50% Βιοντίζελ από jatropa
CO ₂	9	1,3	5
O ₂	5	17,6	8
CO	1	0	1

⁶ http://www.nuglobalnrg.com/jatropa_facts_and_figures.html [05/2016]

⁷ [05/2016]

Στον Πίνακα 3, καταγράφονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού της διακύμανσης των εκπομπών του κάθε μίγματος συγκριτικά με τις εκπομπές του πετρελαίου. Η καύση του κάθε μίγματος πραγματοποιείται υπό τις ίδιες συνθήκες με τον Πίνακα 2.

Πίνακας 3. Ποσοστό διακύμανσης των εκπομπών CO₂, O₂ και CO που επιτυγχάνει το βιοντίζελ jatropha και το μίγμα βιοντίζελ jatropha και diesel από πετρέλαιο αντίστοιχα, σε σχέση με το diesel από πετρέλαιο.

Ποσοστό δείγματος αέρα (%)	Diesel από πετρέλαιο	Βιοντίζελ από jatropha	50% diesel από πετρέλαιο και 50% Βιοντίζελ από jatropha
CO ₂	100%	-85,2%	-44,4%
O ₂	100%	+252%	+60%
CO	100%	-100%	0%

Πίνακας 4. Εκπομπές βιοντίζελ από jatropha ανάμικτο με πετρέλαιο σε διάφορες αναλογίες.

Καύσιμα	RPM	Διάρκεια (s)	Θερμοκρασία αέριων εκπομπών (°C)	Θερμοκρασία νερού (°C)	HC (ppm)	NO _x (ppm)	Καπνός (% χωρητικότητα)
Πετρέλαιο	1.030	1,24	320	29	52	595	63,4
B20	1.024	1,34	269	32	6	737	9,9
B40	1.004	1,34	290	32	7	775	11,7
B60	1.024	1,34	301	32	4	785	11,6
B80	1.000	1,34	300	32	11	848	9,9
B100	1.002	1,34	269	30	7	832	11

B20: 20% βιοντίζελ από jatropha και 80% πετρέλαιο

B40: 40% βιοντίζελ από jatropha και 60% πετρέλαιο

B80: 80% βιοντίζελ από jatropha και 20% πετρέλαιο

B100: 100% βιοντίζελ από jatropha

Στον Πίνακα 5, καταγράφονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού της διακύμανσης των εκπομπών του κάθε μίγματος συγκριτικά με τις εκπομπές του πετρελαίου. Η καύση του κάθε μίγματος πραγματοποιείται υπό τις ίδιες συνθήκες με τον Πίνακα 4.

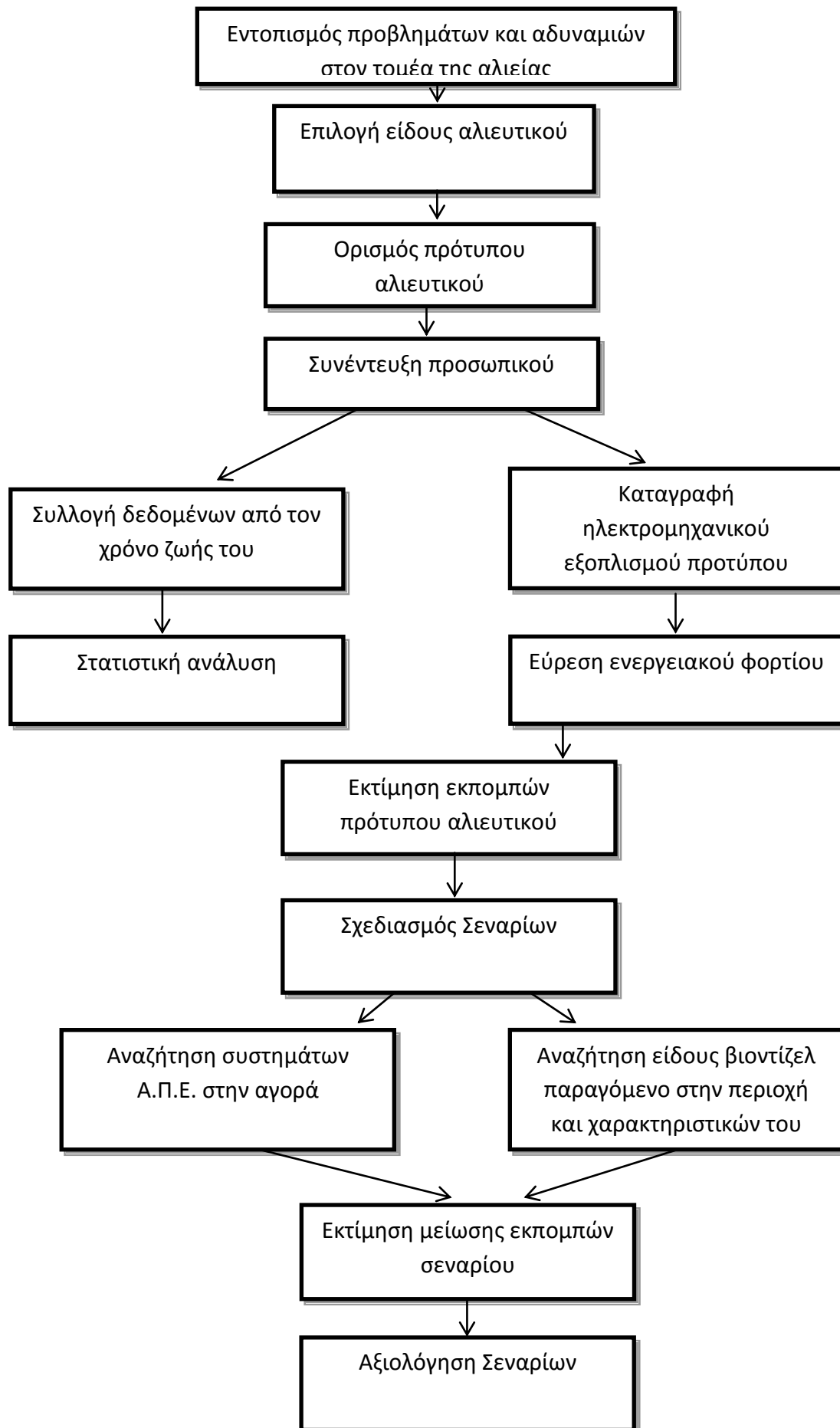
Πίνακας 5. Ποσοστό διακύμανσης των εκπομπών που επιτυγχάνει το κάθε καύσιμο ανάλογα με την αναλογία diesel από πετρέλαιο και βιοντίζελ jatropha σε σχέση με το πετρέλαιο.

Καύσιμα	HC (ppm)	NO _x (ppm)	Καπνός (% χωρητικότητα)
Πετρέλαιο	100%	100%	100%
B20	-88,5%	+23,9%	-84,4%
B40	-86,5%	+30,3%	-81,5%
B60	-92,3%	+31,9%	-81,7%
B80	-78,8%	+42,5%	-84,4%
B100	-86,5%	+39,8%	-82,6%

Λόγω της έλλειψης γνώσης του κόστους ανά L του βιοντίζελ jatropha που παράγεται στην περιοχή της Σενεγάλης, επιλέχθηκε να οριστεί ως θεωρητική τιμή 1 L του προϊόντος η τιμή που πωλείται στην αγορά το βιοντίζελ jatropha που προέρχεται από την Γκάνα. Το βιοντίζελ jatropha που εξάγεται στην αγορά από την περιοχή της Γκάνας είχε το 2010 τιμή 0,88€/L [Ofori-Boateng et al., 2011].

Όλα τα αποτελέσματα μπορεί να παρουσιάζουν σφάλμα $\pm 20\%$.

Σχεδιάγραμμα βημάτων Μεθοδολογία



4 Αποτελέσματα

4.1 Συλλογή δεδομένων και στατιστική ανάλυση

Τα χαρακτηριστικά του αλιευτικού που επιλέχθηκε να βασιστεί η έρευνα χρησιμοποιώντας το ως πρότυπο καταγράφονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά αλιευτικού.

Εξοπλισμός αλιείας	Τράτα βυθού
Συνολικό μήκος (m)	36,3
Μήκος ισαλογραμμής (m)	32
Νεκρό βάρος (tn)	350
Ολική χωρητικότητα (tn)	291
Χρονιά κατασκευής	2.000
Υλικό κατασκευής	Χάλυβας
Λιμάνι	Ντακάρ (Σενεγάλης)
Κύρια μηχανή	808,61 kW (1.100 BHP) / 825 RPM και αξονική γεννήτρια
Δευτερεύουσες μηχανές	-

Εντοπίστηκαν και ορισμένα πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του αλιευτικού προς τη λειτουργία του, όπως τα είδη που αλιεύει και την ζώνη αλιείας του που εμφανίζονται στον Πίνακα 7.

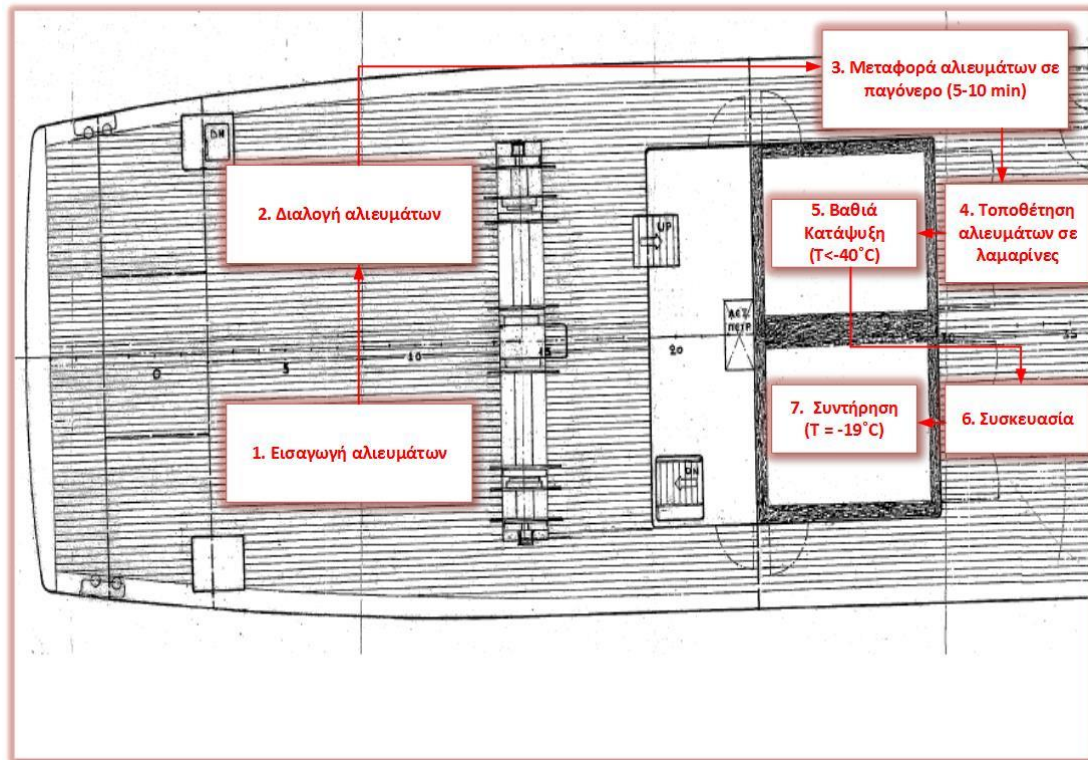
Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά αλιείας.

Αριθμός πληρώματος	18
Είδος αλιευμάτων	Διάφορα είδη ψαριών
Ζώνη αλιείας βάση του (FAO, 2012)	Ατλαντικός Κέντρο Ανατολικά / 34.3.13
Περίοδος αλιείας	Όλο το έτος

Διεργασίες ως προς την επεξεργασία του προϊόντος πάνω στο σκάφος

Το δίκτυ που χρησιμοποιείται για τη συλλογή των αλιευμάτων έχει κωνικό σχήμα και μέγιστη χωρητικότητα πέντε τόνους. Βρίσκεται τοποθετημένο στη πρύμνη του καραβιού και η κίνηση του γίνεται με βαρούλκο. Η συλλογή των αλιευμάτων γίνεται με τη συνεχόμενη κίνηση του αλιευτικού με ταχύτητα 3 mi/h και η διαδικασία διαρκεί περίπου 3 h. Μετά το πέρας 3 h το δίκτυ ανυψώνεται από τη θάλασσα και εκκενώνεται το περιεχόμενο του στην πρύμνη του αλιευτικού όπου εντοπίζεται και το κύριο κατάστρωμα. Στη συνέχεια, γίνεται διαλογή των αλιευμάτων στην κουβέρτα του πλοίου. Τα αλιεύματα τοποθετούνται σε κοφίνια και ξεπλένονται με θαλασσινό νερό με στόχο την απομάκρυνση ανεπιθύμητης

λάσπης και άμμου. Έπειτα, τοποθετούνται τα κοφίνια σε νερό με πάγο για 5-10 min. Κατόπιν, τα αλιεύματα μεταφέρονται σε λαμαρίνες οι οποίες τοποθετούνται στο θάλαμο βαθιά κατάψυξης περίπου για 6 h, ώστε το προϊόν να φτάσει σε θερμοκρασία -40°C . Τέλος, ακολουθεί συσκευασία των αλιευμάτων και τοποθετούνται στη συντήρηση σε θερμοκρασία -19°C . Το κατάστρωμα ξεπλένεται με θαλασσινό νερό και επαναλαμβάνεται η διαδικασία. (Εικόνα 5)



Εικόνα 5. Κύριο κατάστρωμα.

Διεργασίες αλιείας και προετοιμασίας των αλιευμάτων.

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζεται η λειτουργία του αλιευτικού ανά έτος από το 2001 έως το 2015. Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζεται ο αριθμός των ταξιδιών που έχουν πραγματοποιηθεί με την πάροδο των ετών και το συνολικό αριθμό ημερών που το καράβι αλίευε. Επιπλέον, καταγράφεται η μέση τιμή των δύο παραμέτρων.

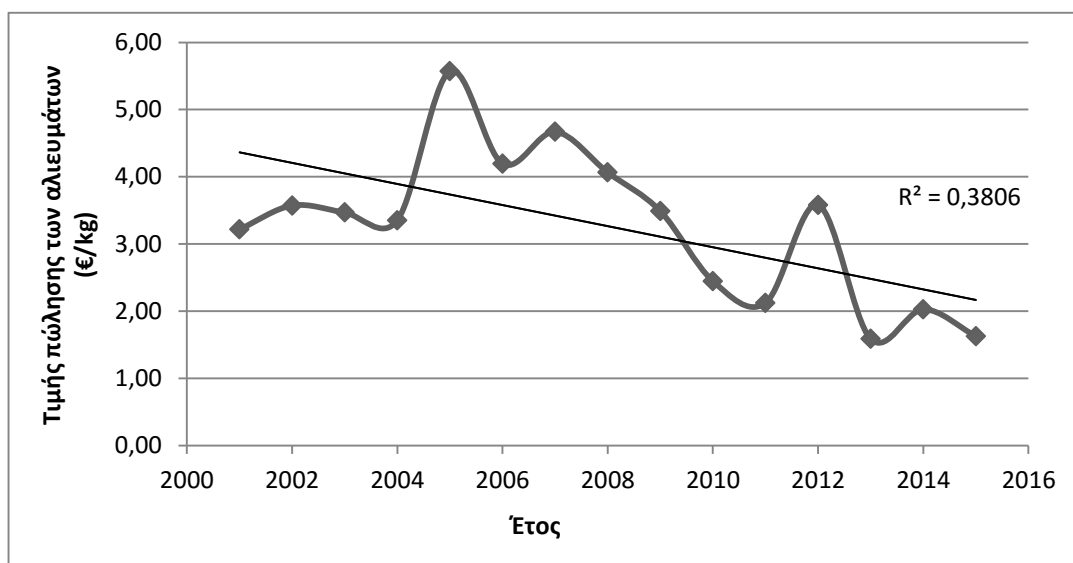
Πίνακας 8. Αριθμός ημερών ταξιδιού και ταξιδιών ανά έτος.

Έτος	Αριθμός Ταξιδιών (N)	Ημέρες ταξιδιών
2001	7	357
2002	5	272
2003	7	325
2004	7	308
2005	5	268
2006	7	303
2007	4	294
2008	4	272
2009	5	273
2010	4	201
2011	10	316
2012	6	273
2013	7	248
2014	7	299
2015	9	306
Μέσος όρος	6	288

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται η τιμή πώλησης των αλιευμάτων ανά έτος από το 2001 έως το 2015. Επιπλέον, καταγράφεται η μέση τιμή της παραμέτρου. Ακόμη, στο Γράφημα 1 απεικονίζεται η διακύμανση της παραμέτρου με την πάροδο των ετών σε μορφή χρονοσειράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο διάγραμμα εμφανίζεται η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 .

Πίνακας 9. Τιμή πώλησης αλιευμάτων ανά έτος.

Έτος	Τιμή πώλησης των αλιευμάτων (€/kg)
2001	3,22
2002	3,57
2003	3,47
2004	3,35
2005	5,57
2006	4,20
2007	4,67
2008	4,07
2009	3,49
2010	2,45
2011	2,12
2012	3,58
2013	1,59
2014	2,03
2015	1,63
Μέσος όρος	3,27

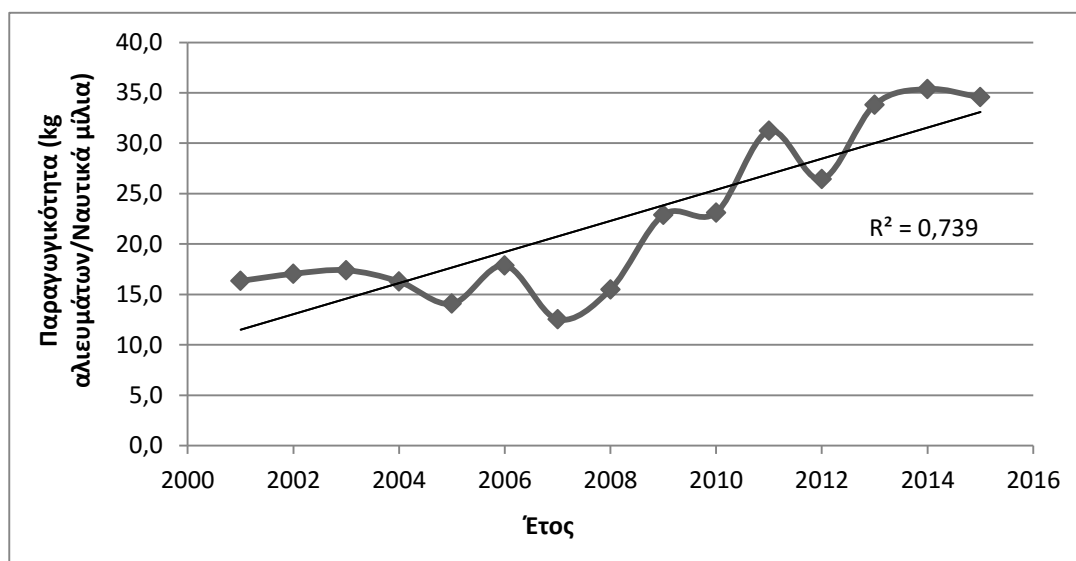


Γράφημα 1. Τιμές πώλησης των αλιευμάτων ανά έτος.

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η ετήσια παραγωγικότητα του αλιευτικού από το 2001 έως το 2015. Η παραγωγικότητα ορίστηκε ως η ποσότητα των αλιευμάτων που αλιεύονται ανά ναυτικό μίλι που διανύει το σκάφος. Επιπλέον, καταγράφεται η μέση τιμή της παραμέτρου. Ακόμη, στο Γράφημα 2 απεικονίζεται η διακύμανση της παραμέτρου με την πάροδο των ετών. Στο διάγραμμα εμφανίζεται η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 .

Πίνακας 10. Παραγωγικότητα αλιευτικού ανά έτος.

Έτος	Παραγωγικότητα ανά έτος (kg αλιευμάτων / Ναυτικά μίλια ανά έτος)
2001	16,3
2002	17,0
2003	17,4
2004	16,3
2005	14,1
2006	17,9
2007	12,5
2008	15,5
2009	22,9
2010	23,1
2011	31,2
2012	26,4
2013	33,8
2014	35,4
2015	34,6
Μέσος όρος	22,3

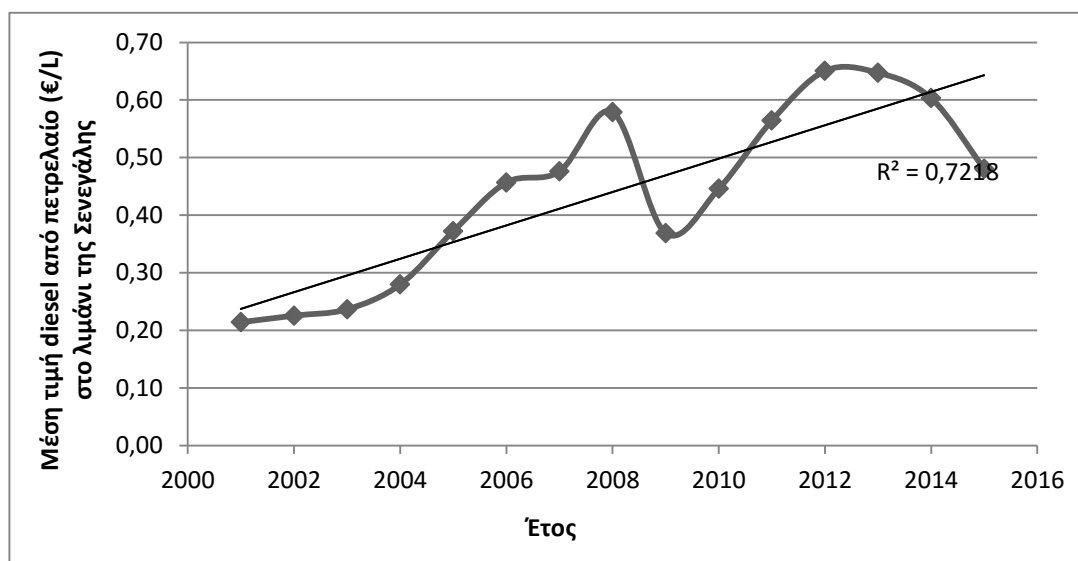


Γράφημα 2. Παραγωγικότητα ανά έτος.

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται η μέση τιμή προμήθειας πετρελαίου στο λιμάνι της Σενεγάλης ανά έτος από το 2001 έως το 2015. Επιπλέον, καταγράφεται η μέση τιμή της παραμέτρου. Ακόμη, στο Γράφημα 3 απεικονίζεται η διακύμανση της παραμέτρου με την πάροδο των ετών σαν χρονοσειρά. Τέλος εμφανίζεται η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 .

Πίνακας 11. Μέση τιμή diesel από πετρελαίο ανά έτος στο λιμάνι της Σενεγάλης.

Έτος	Μέση τιμή diesel από πετρέλαιο (€/L) στο λιμάνι της Σενεγάλης
2001	0,21
2002	0,23
2003	0,24
2004	0,28
2005	0,37
2006	0,46
2007	0,48
2008	0,58
2009	0,37
2010	0,45
2011	0,56
2012	0,65
2013	0,65
2014	0,60
2015	0,48
Μέσος όρος	0,44

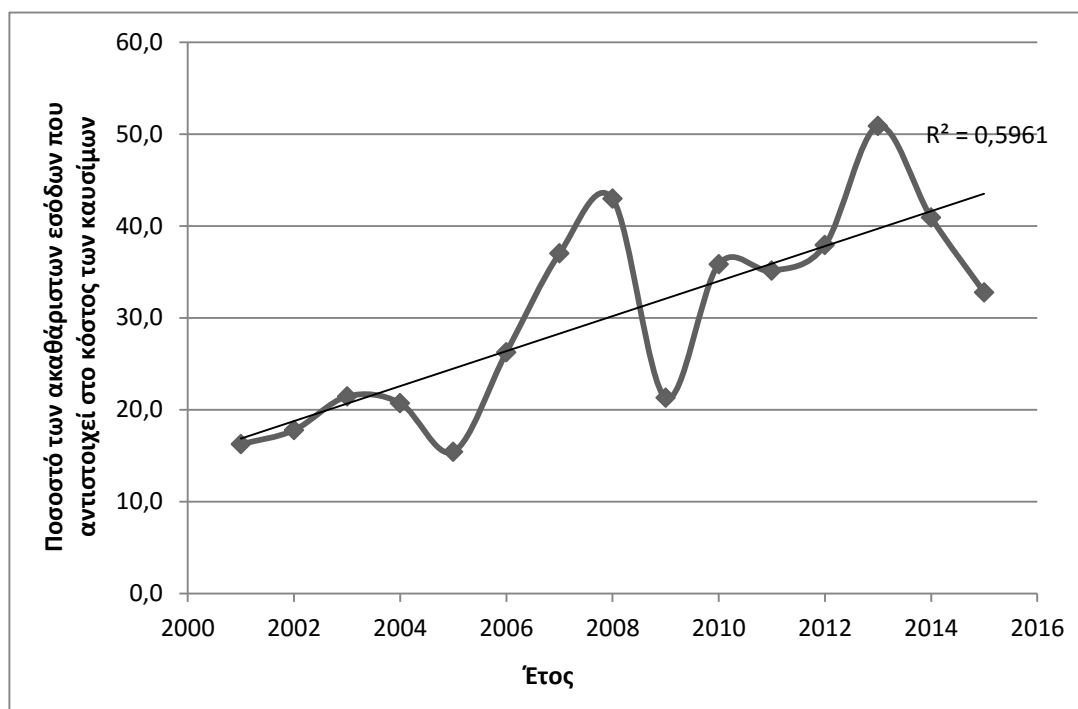


Γράφημα 3. Μέση τιμή diesel από πετρελαίο στο λιμάνι της Σενεγάλης ανά έτος.

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται το ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στα έξοδα του αλιευτικού για προμήθεια καυσίμων ανά έτος από το 2001 έως το 2015 και καταγράφεται η μέση τιμή της παραμέτρου. Στο Γράφημα 4 απεικονίζεται η διακύμανση της παραμέτρου με την πάροδο των ετών σε μορφή διαγράμματος. Επίσης στο διάγραμμα εμφανίζεται η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 .

Πίνακας 12. Ποσοστό ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στο κόστος των καυσίμων ανά έτος.

Έτος	Ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στο κόστος των καυσίμων (diesel) ανά έτος (%)
2001	16,2
2002	17,8
2003	21,4
2004	20,7
2005	15,4
2006	26,2
2007	37,0
2008	42,9
2009	21,3
2010	35,8
2011	35,1
2012	37,9
2013	50,9
2014	40,9
2015	32,8
Μέσος όρος	30,2

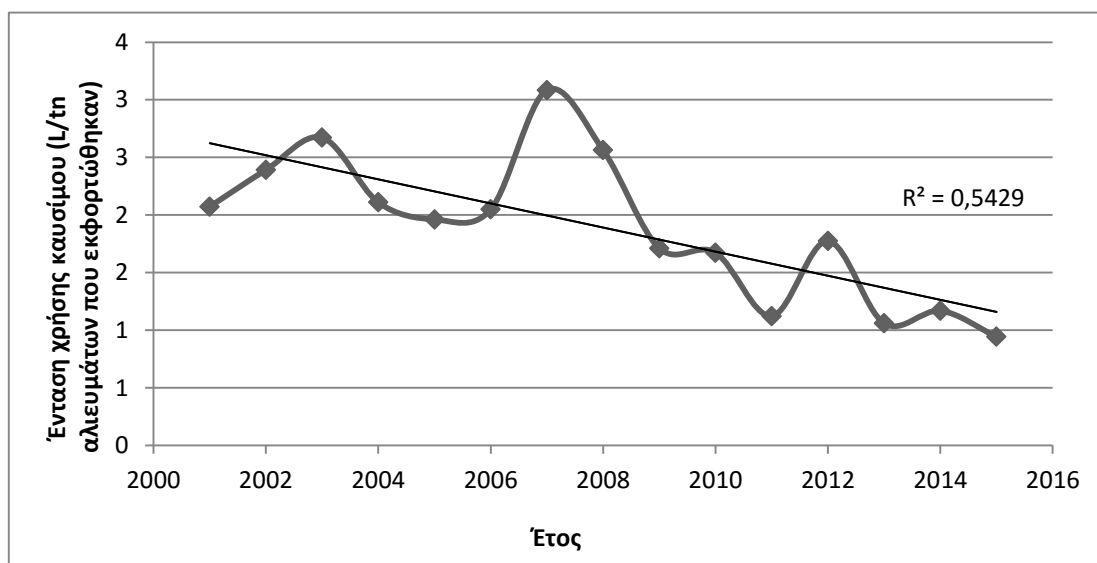


Γράφημα 4. Ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στα έξοδα του αλιευτικού για καύσιμα ανά έτος (%).

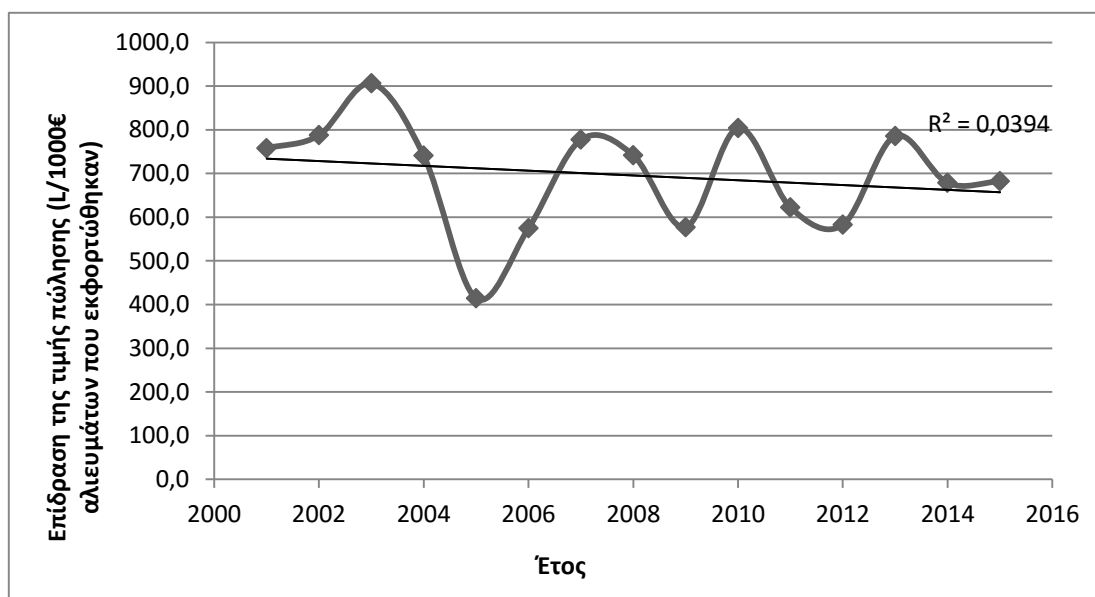
Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται δύο παράμετροι, η ένταση χρήσης καυσίμου και η επίδραση της τιμής πώλησης ανά έτος από το 2001 έως το 2015. Πιο συγκεκριμένα, η ένταση χρήσης καυσίμου ορίστηκε ως η ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται ως προς τα αλιεύματα που εκφορτώνονται ανά έτος. Η επίδραση της τιμής πώλησης ορίζεται ως ο όγκος (σε L) καυσίμων που καταναλώνονται ως προς 1.000€ αξίας αλιευμάτων που εκφορτώνονται ανά έτος. Ακόμη, στα Γραφήματα 5 και 6 απεικονίζονται οι ετήσιες διακυμάνσεις των παραμέτρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο διάγραμμα εμφανίζεται η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 .

Πίνακας 13. Ένταση χρήσης καυσίμων και επίδρασης τιμής πώλησης ανά έτος.

Έτος	Ένταση χρήσης καυσίμου (tn diesel από πετρέλαιο /tn αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν)	Επίδραση της τιμής πώλησης (L/1.000€ αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν)
2001	2	757,8
2002	2	787,5
2003	3	906,1
2004	2	740,5
2005	2	414,4
2006	2	574,5
2007	3	777,1
2008	3	741,7
2009	2	577,1
2010	2	803,8
2011	1	622,3
2012	2	582,7
2013	1	785,8
2014	1	678,5
2015	1	681,9
Μέσος όρος	2	695,4



Γράφημα 5. Ένταση χρήσης καυσίμου ανά έτος.

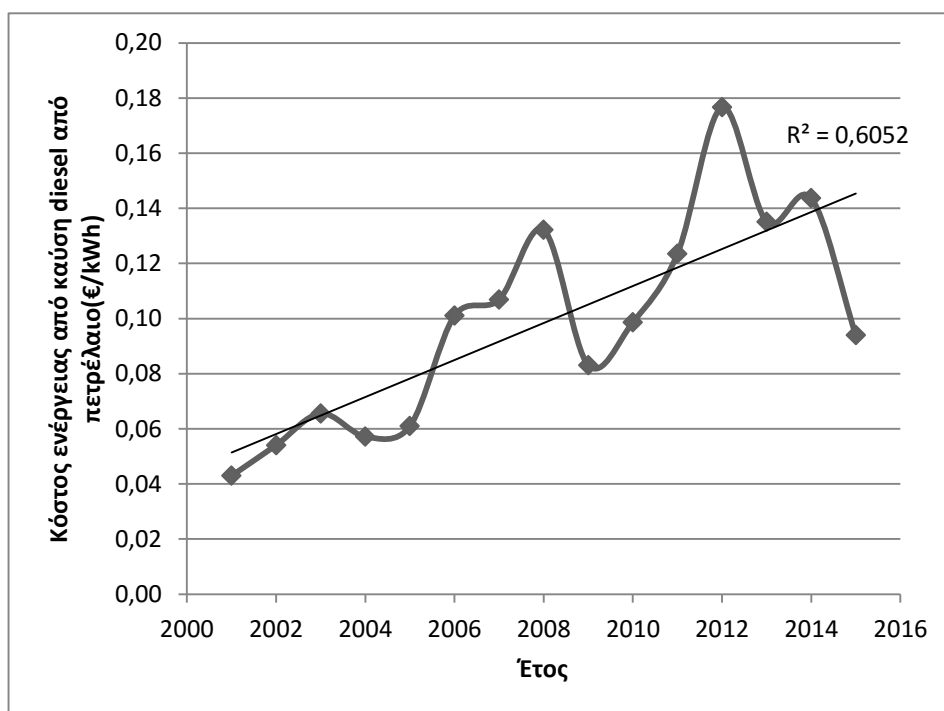


Γράφημα 6. Επίδραση της τιμής πώλησης ανά έτος.

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζεται το κόστος ενέργειας παραγόμενο από καύση πετρελαίου ανά έτος από το 2001 έως το 2015. Πιο συγκεκριμένα, είναι η τιμή ανά kWh παραγόμενη από την αξονική ηλεκτρογεννήτρια. Επιπλέον, δίνεται η μέση τιμή της παραμέτρου. Ακόμη, στο Γράφημα 7 απεικονίζεται η διακύμανση της παραμέτρου διαχρονικά, η γραμμή τάσης και ο δείκτης R^2 .

Πίνακας 14. Κόστος ενέργειας ανά έτος.

Έτος	Κόστος ενέργειας παραγόμενη από την καύση diesel από πετρέλαιο (€/kWh)
2001	0,04
2002	0,05
2003	0,07
2004	0,06
2005	0,06
2006	0,10
2007	0,11
2008	0,13
2009	0,08
2010	0,10
2011	0,12
2012	0,18
2013	0,14
2014	0,14
2015	0,09
Μέσος όρος	0,10



Γράφημα 7. Κόστος ενέργειας από καύση diesel από πετρέλαιο (€/kWh) ανά έτος.

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε έρευνα για τον υπολογισμό των εκπομπών του αλιευτικού σε ετήσια βάση με βάση τις αρχές της εταιρείας κατασκευής της κύριας μηχανής. Στον Πίνακα 15 εμφανίζονται οι ετήσιες ποσότητες που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα των κυριότερων ενώσεων που αποτελούν πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος. Επιπλέον, στους Πίνακες 16 και 17 καταγράφονται το σύνολο των υπολοίπων εκπομπών που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα σε ετήσια βάση κατά την λειτουργία του αλιευτικού. Ακόμα καταγράφεται η μέση τιμή όλων των εκπομπών.

Πίνακας 15. Κυριότερες εκπομπές.

Έτος	CO ₂ (tn/y)	SO _x (tn/y)	NO _x (tn/y)
2001	2.712,4	46,0	41,4
2002	2.066,6	35,0	31,5
2003	2.469,3	41,9	37,7
2004	2.340,1	39,7	35,7
2005	2.036,2	34,5	31,1
2006	2.302,1	39,0	35,1
2007	2.233,7	37,9	34,1
2008	2.066,6	35,0	31,5
2009	2.074,2	35,2	31,6
2010	1.527,1	25,9	23,3
2011	2.400,9	40,7	36,6
2012	2.074,2	35,2	31,6
2013	1.884,2	31,9	28,7
2014	2.271,7	38,5	34,7
2015	2.324,9	39,4	35,5
Μέσος όρος	2.185,6	37,0	33,3

Πίνακας 16. Εκπομπές.

Έτος	N ₂ (tn/y)	O ₂ (tn/y)	Υδρατμοί (tn/y)	Αδρανή αέρια (Ar, Ne, He) (tn/y)
2001	22.756,4	4.436,4	1.448,1	344,8
2002	17.338,2	3.380,1	1.103,3	262,7
2003	20.716,6	4.038,7	1.318,3	313,9
2004	19.633,0	3.827,4	1.249,4	297,5
2005	17.083,3	3.330,4	1.087,1	258,8
2006	19.314,3	3.765,3	1.229,1	292,6
2007	18.740,6	3.653,5	1.192,6	283,9
2008	17.338,2	3.380,1	1.103,3	262,7
2009	17.402,0	3.392,5	1.107,4	263,7
2010	12.812,4	2.497,8	815,3	194,1
2011	20.142,9	3.926,9	1.281,8	305,2
2012	17.402,0	3.392,5	1.107,4	263,7
2013	15.808,4	3.081,8	1.006,0	239,5
2014	19.059,3	3.715,6	1.212,9	288,8
2015	19.505,5	3.802,6	1.241,3	295,5
Μέσος όρος	18.336,9	3.574,8	1.166,9	277,8

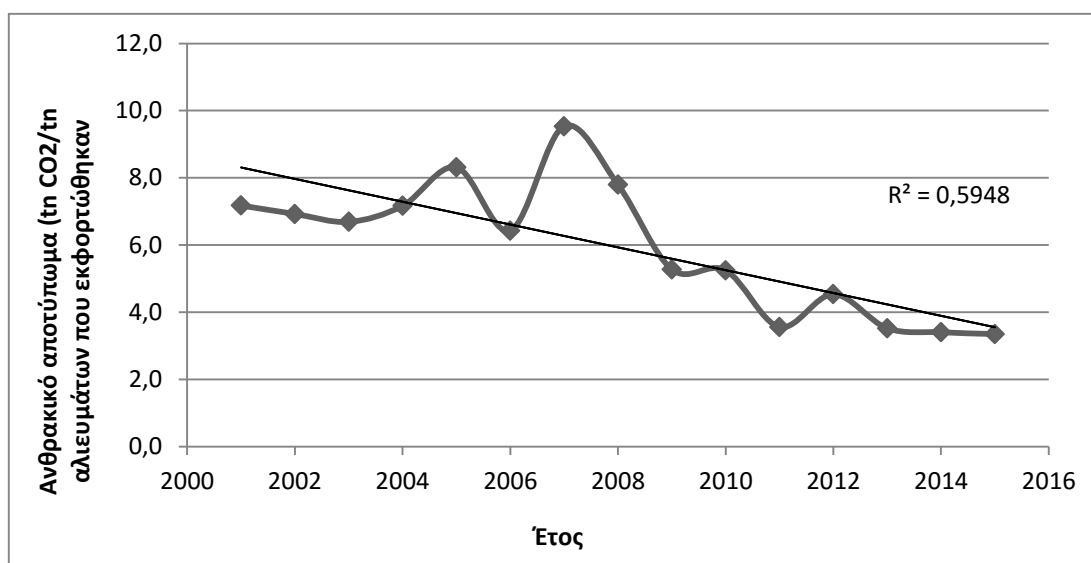
Πίνακας 17. Εκπομπές.

Έτος	CO (tn/y)	HC (tn/y)	Αιθάλη (στοιχειακού άνθρακα) MGO (tn/y)	Τέφρα καυσίμου MGO (tn/y)	Υγρή τέφρα (ελαιώδης υφή)(Lube oil ash) MGO (tn/y)
2001	2,8	0,115	1,379	0,138	0,092
2002	2,1	0,088	1,051	0,105	0,070
2003	2,5	0,105	1,256	0,126	0,084
2004	2,4	0,099	1,190	0,119	0,079
2005	2,1	0,086	1,035	0,104	0,069
2006	2,3	0,098	1,171	0,117	0,078
2007	2,3	0,095	1,136	0,114	0,076
2008	2,1	0,088	1,051	0,105	0,070
2009	2,1	0,088	1,055	0,105	0,070
2010	1,6	0,065	0,777	0,078	0,052
2011	2,4	0,102	1,221	0,122	0,081
2012	2,1	0,088	1,055	0,105	0,070
2013	1,9	0,080	0,958	0,096	0,064
2014	2,3	0,096	1,155	0,116	0,077
2015	2,4	0,099	1,182	0,118	0,079
Μέσος όρος	2,2	0,093	1,111	0,111	0,074

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζεται το ανθρακικό αποτύπωμα ανά έτος από το 2001 έως το 2015. Πιο συγκεκριμένα, το ανθρακικό αποτύπωμα είναι οι εκπομπές CO₂ ως προς την ποσότητα των αλιευμάτων που εκφορτώνονται ανά έτος. Επιπλέον, καταγράφεται η μέση τιμή της παραμέτρου. Ακόμη, στο Γράφημα 8 απεικονίζεται η διακύμανση της παραμέτρου με την πάροδο των ετών. Δίνεται ακόμα η γραμμική τάση και ο δείκτης R².

Πίνακας 18. Ανθρακικό αποτύπωμα ανά έτος.

Έτος	Ανθρακικό αποτύπωμα (tn CO ₂ /tn αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν)
2001	7,2
2002	6,9
2003	6,7
2004	7,2
2005	8,3
2006	6,4
2007	9,5
2008	7,8
2009	5,3
2010	5,2
2011	3,6
2012	4,5
2013	3,5
2014	3,4
2015	3,4
Μέσος όρος	5,9



Γράφημα 8. Ανθρακικό αποτύπωμα ανά έτος.

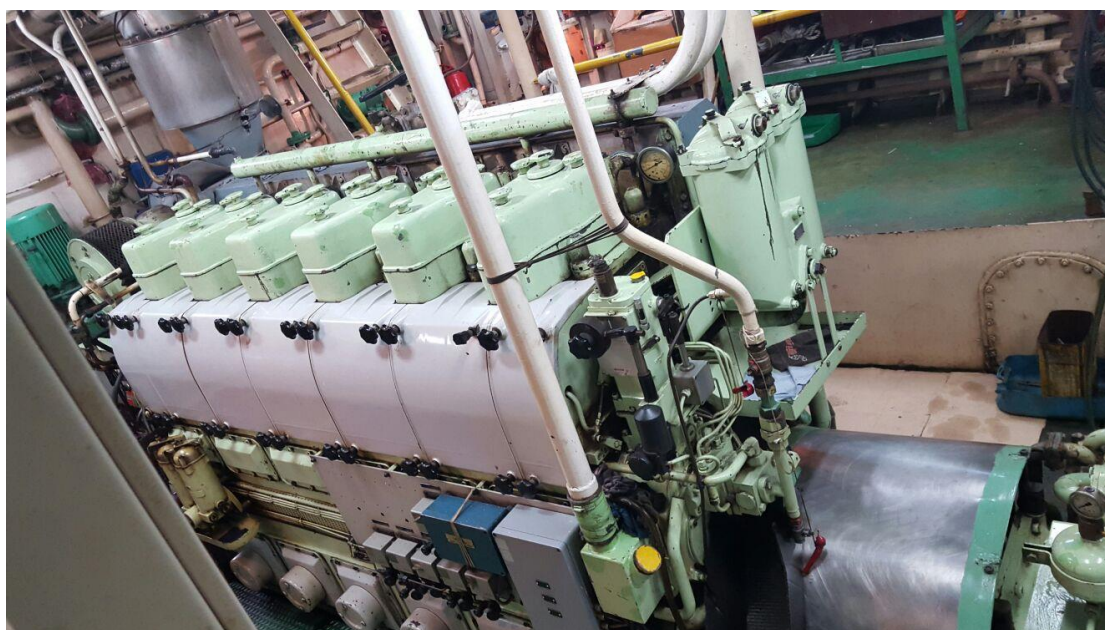
4.2 Έλεγχος ενεργειακών αναγκών

Η ενέργεια που καταναλώνει το αλιευτικό μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύριες κατηγορίες: η ενέργεια που αντιστοιχεί στη λειτουργία της κύριας μηχανής, της κίνησης του βαρούλκου και της ηλεκτρογεννήτριας. Για τον υπολογισμό του ολικού ενεργειακού φορτίου που απαιτείται για την ορθή λειτουργία του σκάφους εξετάστηκε μια τυπική ημέρα αλιείας.

Χρήση Ενέργειας σε μια τυπική ημέρα αλιείας:

1. Κύρια μηχανή:

Η κύρια μηχανή είναι υπεύθυνη για την κίνηση της προπέλας, δηλαδή την κίνηση του καραβιού (Εικόνα 6). Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται στο αλιευτικό αναλογεί στην κύρια μηχανή (80% της συνολικής κατανάλωσης). Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει σύστημα καθαρισμού των λαδιών και του diesel από πετρέλαιο (oil purifier and diesel purifier) (Εικόνα 7). Το σύστημα αυτό λειτουργεί όλη τη διάρκεια της ημέρας και έχει ισχύ 3.040 kW.



Εικόνα 6. Κύρια μηχανή.



Εικόνα 7. Σύστημα καθαρισμού των λαδιών και του diesel από πετρέλαιο.

2. Κίνηση Βαρούλκου:

- **Βαρούλκο Άγκυρας**

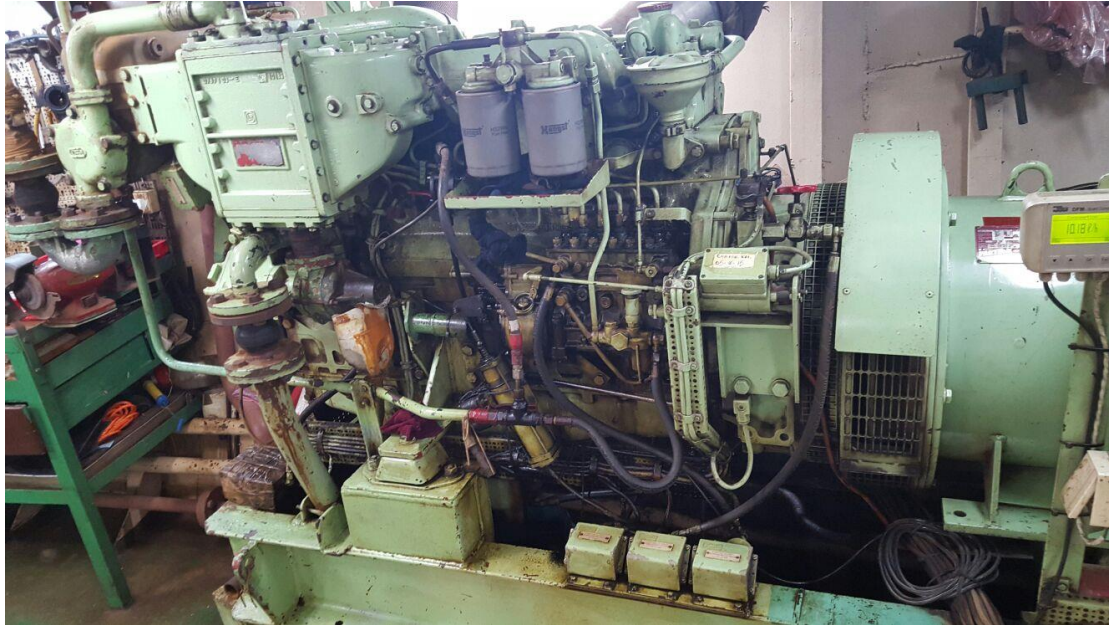
Η άγκυρα του καραβιού δεν κινείται μέσα στην ημέρα, καθώς το αλιευτικό βρίσκεται σε συνεχή κίνηση. Αγκυροβόληση γίνεται μόνο όταν βγαίνει στην στεριά στο τέλος του ταξιδιού του. Επομένως, η ενέργεια που απαιτείται για την ανύψωση της άγκυρας κατά την διάρκεια της ημέρας είναι μηδενική. Αντίστοιχα, η ενέργεια που αναλογεί στην κίνηση του βαρούλκου της άγκυρας κατά την διάρκεια ενός ταξιδιού είναι μηδαμινή. Αξίζει να σημειωθεί ότι κίνηση της άγκυρας γίνεται με ηλεκτρικό μοτέρ στη πλώρη του σκάφους.

- **Βαρούλκο για Δίχτυα (Υδραυλικός κινητήρας)**

Η κίνηση του βαρούλκου γίνεται με την χρήση υδραυλικού κινητήρα, ο οποίος λειτουργεί με εσωτερική καύση λαδιών. Η ανύψωση των δίχτυων από τον πυθμένα της θάλασσας διαρκεί 35 min και επαναλαμβάνεται περίπου 7 φορές την ημέρα. Ο υδραυλικός κινητήρας λειτουργεί 4 h την ημέρα. Ο υδραυλικός κινητήρας έχει ισχύς 230kW στις 1.800 στροφές. Κατά την κίνηση του βαρούλκου για την ανύψωση των εργαλείων θεωρούμε ότι δουλεύει με 50-60% της συνολικής του ισχύος.

3. Ηλεκτρογεννήτρια (Αξονική γεννήτρια):

Η ηλεκτρογεννήτρια είναι υπεύθυνη για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας πάνω στο αλιευτικό (Εικόνα 8) με μέγιστη ισχύ 261kVA/209kW. Το ηλεκτρικό φορτίο κατανέμεται σε επτά ξεχωριστές κατηγορίες. Η ηλεκτρική ενέργεια που αντιστοιχεί στην κάθε κατηγορία και το ποσοστό του συνολικού φορτίου εμφανίζονται στον Πίνακα 19 και στην Εικόνα 12).



Εικόνα 8. Ηλεκτρογεννήτρια

- **Εξοπλισμός Κουζίνας**

Ο κύριος εξοπλισμός της κουζίνας είναι οι εστίες της, οι οποίες έχουν 8kW ισχύ και λειτουργούν 8 h/ημέρα.

- **Ζεστό Νερό**

Η θέρμανση του νερού χρησιμοποιούνται τρεις θερμοσίφωνες των 80lt, οι οποίοι έχουν ισχύς 4kW και λειτουργούν 3 h/ημέρα.

- **Γλυκό νερό**

Για την παραγωγή του απαραίτητου γλυκού νερού στο πλήρωμα χρησιμοποιείται αφαλατωτής σε εικοσιτετράωρη βάση. Το μοντέλο της εταιρείας Alfa Laval gwr-19-C παρέχει περίπου 4.000 – 5.000 L/ημέρα (Εικόνα 9). Η ένταση και η τάση του αφαλατωτή είναι 11A και 380V αντίστοιχα.



Εικόνα 9. Αφαλατωτής.

- **Αερισμός**

Στο αλιευτικό εντοπίζεται σύστημα αερισμού στις καμπίνες του πληρώματος και στο μηχανοστάσιο από κατάλληλο σύστημα με χρήση ανεμιστήρων. Οι ανεμιστήρες είναι τρείς στο σύνολο με ένταση 11Α και τάση 380V. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα αερισμού του αλιευτικού λειτουργεί όλη την ημέρα.

- **Φωτισμός**

Ο φωτισμός του αλιευτικού διαχωρίζεται σε εξωτερικό και εσωτερικό. Ο εσωτερικός φωτισμός αποτελείται από 20 διπλούς λαμπτήρες φθορίου των 600W που φωτίζουν τους εσωτερικούς χώρους του σκάφους όλη τη διάρκεια της ημέρας για θέματα ασφάλειας.

Εξωτερικός φωτισμός του αλιευτικού αποτελείται από έξι προβολείς εξοικονόμησης ενέργειας τύπου LED που λειτουργούν 10 h/ημέρα. Οι προβολείς αυτοί έχουν ισχύ 400W ο καθένας.

- **Ψύξη**

Για την εξασφάλιση της ψύξης του εμπορεύματος υπάρχουν δύο συμπυκνωτές των 55kW (Εικόνα 10, Εικόνα 11). Λειτουργεί ένας συμπυκνωτής όλη τη διάρκεια της ημέρας στο 50% της ισχύος του. Ο δεύτερος συμπυκνωτής χρησιμοποιείται σε περίπτωση υπερπαραγωγής, δηλαδή σε περίπτωση που υπάρχουν πολύ μεγάλες ανάγκες για ψύξη

μεγάλης ποσότητας αλγευμάτων. Επίσης, γίνεται χρήση 3 ανεμιστήρων φούρνου βαθιάς κατάψυξης με ισχύς 3kW έκαστον, για 12 h/ημέρα. Τέλος, το σύστημα ψύξης περιλαμβάνει μια αντλία ψυκτικών που λειτουργεί σε εικοσιτετράωρη βάση, με ένταση 19Α και τάση 380V.



Εικόνα 10. Συμπυκνωτής.



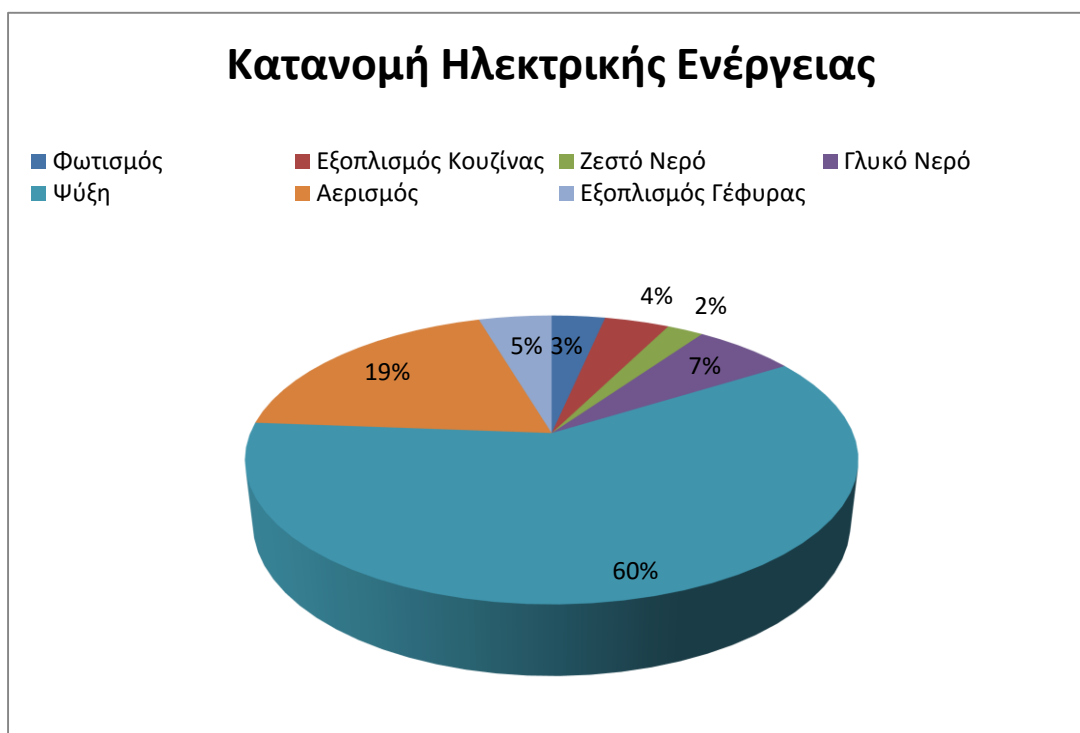
Εικόνα 11. Συμπυκνωτής.

- **Εξοπλισμός Γέφυρας**

Ο εξοπλισμός της γέφυρας αποτελείται από πλήθος ηλεκτρικού εξοπλισμού που καταλαμβάνει συνολικά 3kW σε συνεχή λειτουργία. Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένα από τα ηλεκτρικά συστήματα λειτουργίας του αλιευτικού που αντιπροσωπεύουν των εξοπλισμό της γέφυρας. Αρχικά, αποτελείται δύο Radar των 12kW, από τα οποία το ένα από τα δύο λειτουργεί όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ το δεύτερο υπάρχει σε περίπτωση μη ορθής λειτουργίας του πρώτου. Επίσης, χρησιμοποιείται ραδιοτηλέφωνο των 150W και βυθόμετρο με ισχύ 1kW σε συνεχή λειτουργία. Το αλιευτικό περιέχει δύο συστήματα πλοήγησης, από τα οποία το ένα από τα δύο λειτουργεί σε όλη την διάρκεια του ταξιδιού, ενώ το δεύτερο υπάρχει για θέματα ασφάλειας σε περίπτωση μη σωστής λειτουργίας του πρώτου. Τέλος, γίνεται χρήση ενός VHS Radio σε εικοσιτετράωρη βάση.

Πίνακας 19. Κατανομή ηλεκτρικού φορτίου.

Ηλεκτρική Ενέργεια	Ενέργεια (kWh)	Ποσοστό της Συνολικής Ηλεκτρικής Ενέργειας (%)
Φωτισμός	52,8	3
Εξοπλισμός Κουζίνας	64,0	4
Ζεστό Νερό	36,0	2
Γλυκό Νερό	100,3	6
Ψύξη	941,3	60
Αερισμός	301,0	19
Εξοπλισμός Γέφυρας	72,0	5
Συνολικά	1.567,4	100



Εικόνα 12. Ηλεκτρικό φορτίο.

Στον Πίνακα 20 παρουσιάζεται η κατανομή των ενεργειακών φορτίων στις τρεις κύριες κατηγορίες και τα ποσοστά του ολικού φορτίου που αντιστοιχούν στην κάθε μια. Επιπλέον, στην Εικόνα 13 απεικονίζεται σε μορφή διαγράμματος ο διαχωρισμός του ενεργειακού φορτίου στις τρεις κατηγορίες.

Πίνακας 20. Κατανομή ενεργειακού φορτίου.

Κατηγορίες	Ενέργεια (kWh)	Ποσοστό Συνολικής Ενέργειας (%)
Κύρια Μηχανή	10.746,6	84
Βαρούλκο για Δίκτυα	563,5	4
Ηλεκτρική Ενέργεια	1.567,4	12
Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας	12.877,5	100



Εικόνα 13. Ενεργειακό φορτίο.

4.3 Σενάριο 1^ο

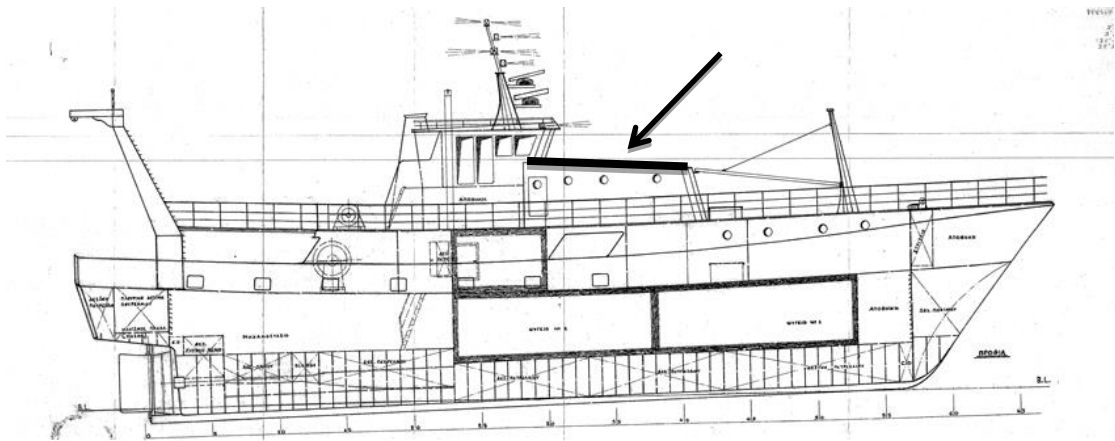
4.3.1 Φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πλαίσια

Το πρώτο ενδεχόμενο που διερευνήθηκε ήταν η δυνατότητα τοποθέτησης Φ/Β πλαισίων σε ελεύθερες επιφάνειες του αλιευτικού. Η επιφάνεια που επιλέχθηκε για τη τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων βρίσκεται στη πλώρη του σκάφους (Εικόνα 14), όπως φαίνεται στην Εικόνα 15, στη στέγη που καλύπτει τους χώρους που φαίνονται στα ναυπηγικά σχέδια του καραβιού στην Εικόνα 16.



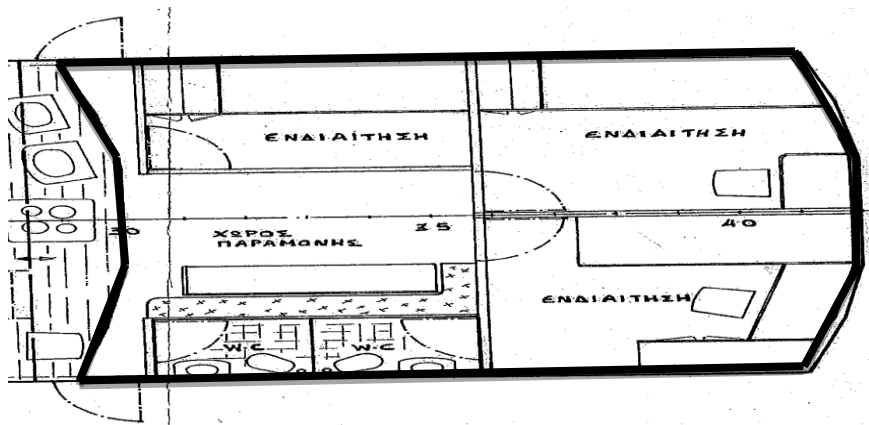
Εικόνα 14.

Πλώρη αλιευτικού.



Εικόνα 15.

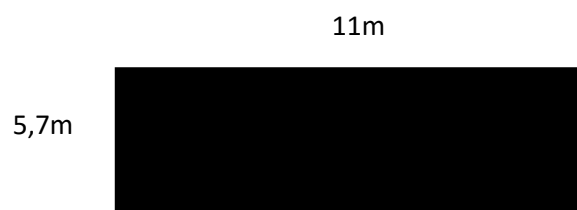
Επιφάνεια τοποθέτηση Φ/Β πλαισίων πάνω στο σκάφος.



Εικόνα 16.

Η στέγη τοποθέτησης των Φ/Β πλαισίων με βάση τα ναυπηγικά σχέδια καλύπτει τους συγκεκριμένους χώρους του αλιευτικού.

Για θέματα διευκόλυνσης θεωρήθηκε ότι θα αξιοποιηθεί το ορθογώνιο τμήμα της στέγης, οι διαστάσεις του οποίου ήταν 11m μήκος και 5,7m πλάτος. Το μέγεθος της επιφάνειας αγγίζει τα $62,7m^2$ και έχει κλίση 4° .



Εικόνα 17. Διαστάσεις στέγης.

Επιλέχθηκε ένας αριθμός διαφορετικών τύπων Φ/Β πλαισίων και διερευνήθηκε το ενδεχόμενο επιλογής τους για την τοποθέτηση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο. Τα Φ/Β πλαίσια που επιλέχθηκαν ήταν δώδεκα διαφορετικά μοντέλα, τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στους Πίνακες 21 και 22. Τα χαρακτηριστικά του κάθε μοντέλου Φ/Β πλαισίου και η τιμή τους στην αγορά προήλθαν από την αντίστοιχη εταιρεία πώλησης τους.

Πίνακας 21. Φ/Β πλαίσια.

	1	2	3	4	5	6
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	Grape Solar 195W Μονοκρυσταλλικό πλαίσιο υψηλής απόδοσης 72 κελιά Φ/Β GS-S-195-FAB3	LG 315W Φ/Β Σταθερού πλαισίου	Kyocera 330 W Φ/Β Σταθερού πλαισίου KD330GX-LFB	Kyocera 255 W Φ/Β Σταθερού πλαισίου KD255GX-LFB2	Kyocera 140 W 12 Volt Φ/Β Σταθερού πλαισίου	Solarland 180W 24V Σταθερού πλαισίου
Εταιρεία	Grape Φ/Β πλαίσια	LG Φ/Β πλαίσια	Kyocera Φ/Β πλαίσια	Kyocera Φ/Β πλαίσια	Kyocera Φ/Β πλαίσια	Solarland Φ/Β πλαίσια
Είδος Φ/Β πλαίσια	Μονοκρυσταλλικό	Μονοκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό
Τιμή (€)	172,6	380,5	382,3	280,5	263,7	277,2
Βάρος (kg)	15	17	27,5	20	12,9	18,2
Μήκος (m)	1,583	1,64	1,662	1,662	1,5	1,53
Πλάτος (m)	0,81	1	1,32	0,99	0,668	0,992
Πάχος (m)	0,04	0,04	0,046	0,046	0,046	0,045
Τάση (V)	36,2	33,2	40,5	30,4	17,7	34,4
Ένταση (A)	5,38	9,5	8,15	8,39	7,91	5,23
Ηλεκτρική ισχύς (W)	195	315	330	255	140	180
Αποδοτικότητα (%)	18	19,2	-	-	-	-

Πίνακας 22. Φ/Β πλαίσια.

	7	8	9	10	11	12
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	275 W Solar World Sun module Plus SW 275 Mono	285 W SolarWorld Sunmodule Plus SW 285 Mono Black	140W SOLARA Ultra-S Φ/Β Σταθερού πλαισίου w/ SunPower κελιά S565M44	125 W Mitsubishi Φ/Β πλαίσιο	Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο	Canadian 260W Φ/Β Σταθερού πλαισίου
Εταιρεία	Solar World Φ/Β πλαίσια	Solar World Φ/Β πλαίσια	Solara Φ/Β πλαίσια	Mitsubishi Φ/Β πλαίσια	Suntech Φ/Β πλαίσια	Canadian Φ/Β πλαίσια
Είδος Φ/Β πλαίσια	Μονοκρυσταλλικό	Μονοκρυσταλλικό	Μονοκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό
Τιμή (€)	299,1	308,0	788,5	370,8	172,6	261,1
Βάρος (kg)	17,9	17,9	9,6	13,5	20	18
Μήκος (m)	1,675	1,675	1,5	1,495	1,666	1,638
Πλάτος (m)	1,001	1	0,559	0,674	0,9906	0,982
Πάχος (m)	0,031	0,031	-	0,046	0,05	0,04
Τάση (V)	31	31,3	12	17,4	29,2	30,4
Ένταση (A)	8,94	9,2	5,58	7,47	7,37	8,56
Ηλεκτρική ισχύς (W)	275	285	140	130	215	260
Αποδοτικότητα (%)	16,4	17	22,5	12,9	-	16,5

Κατόπιν, με βάση τις διαστάσεις τους, ελέγχθηκε ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να τοποθετηθούν στη στέγη και το μέγεθος των διάκενων μεταξύ τους. Η τοποθέτηση τους μπορούσε να γίνει κατά μήκος της επιφάνειας ή κατά πλάτος. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος και για τις δύο περιπτώσεις με στόχο τον εντοπισμό της βέλτιστης τοποθέτησης τους, για την καλύτερη δυνατή απόδοση. Στους Πίνακες 23 και 24 φαίνονται τα αποτελέσματα για τον έλεγχο τοποθέτησης κατά μήκος της επιφάνειας, ενώ στους Πίνακες 25 και 26 τα αποτελέσματα του ελέγχου τοποθέτησης τους κατά πλάτος της στέγης.

Πίνακας 23. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά μήκος της επιφάνειας.

	1	2	3	4	5	6
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	Grape Solar 195W Μονοκρυσταλλικό πλαίσιο υψηλής απόδοσης 72 κελιά Φ/Β GS-S- 195-FAB3	LG 315W Φ/Β Σταθερού πλαισίου	Kyocera 330 W Φ/Β Σταθερού πλαισίου KD330GX- LFB	Kyocera 255 W Φ/Β Σταθερού πλαισίου KD255GX- LFB2	Kyocera 140 W 12 Volt Φ/Β Σταθερού πλαισίου	Solarland 180W 24V Σταθερού πλαισίου
Τοποθέτηση 1 μήκος	6,95	6,71	6,62	6,62	7,33	7,19
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	1,50	1,16	1,03	1,03	0,50	0,29
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,30	0,23	0,21	0,21	0,08	0,05
Τοποθέτηση 1 πλάτος	7,04	5,70	4,32	5,76	8,53	5,75
Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0,03	0,70	0,42	0,75	0,36	0,74
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,01	0,18	0,14	0,19	0,05	0,19
Συνολικός αριθμός πλαίσια	42	30	24	30	56	35

Πίνακας 24. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά μήκος της επιφάνειας.

	7	8	9	10	11	12
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	275 W Solar World Sun module Plus SW 275 Mono	285 W SolarWorld Sunmodule Plus SW 285 Mono Black	140W SOLARA Ultra-S Φ/Β Σταθερού πλαισίου w/ SunPower κελιά S565M44	125 W Mitsubishi Φ/Β πλαίσιο	Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο	Canadian 260W Φ/Β Σταθερού πλαισίου
Τοποθέτηση 1 μήκος	6,57	6,57	7,33	7,36	6,60	6,72
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	0,95	0,95	0,50	0,54	1,00	1,17
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,19	0,19	0,08	0,09	0,20	0,23
Τοποθέτηση 1 πλάτος	5,69	5,70	10,20	8,46	5,75	5,80
Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0,70	0,70	0,11	0,31	0,75	0,79
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,17	0,18	0,01	0,04	0,19	0,20
Συνολικός αριθμός πλαίσια	30	30	70	56	30	30

Πίνακας 25. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά πλάτος της επιφάνειας.

	1	2	3	4	5	6
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	Grape Solar 195W Μονοκρυσταλλικό πλαίσιο υψηλής απόδοσης 72 κελιά Φ/Β GS-S- 195-FAB3	LG 315W Φ/Β Σταθερού πλαisiού	Kyocera 330 W Φ/Β Σταθερού πλαisiού KD330GX- LFB	Kyocera 255 W Φ/Β Σταθερού πλαisiού KD255GX- LFB2	Kyocera 140 W 12 Volt Φ/Β Σταθερού πλαisiού	Solarland 180W 24V Σταθερού πλαisiού
Τοποθέτηση 2 μήκος	3,60	3,48	3,43	3,43	3,80	3,73
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	0,95	0,78	0,71	0,71	1,20	1,11
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,48	0,39	0,36	0,36	0,60	0,56
Τοποθέτηση 2 πλάτος	13,58	11,00	8,33	11,11	16,47	11,09
Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0,47	0,00	0,44	0,11	0,31	0,09
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,04	0,00	0,06	0,01	0,02	0,01
Συνολικός αριθμός πλαίσια	39	33	24	33	48	33

Πίνακας 26. Τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων κατά πλάτος της επιφάνειας.

	7	8	9	10	11	12
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	275 W Solar World Sun module Plus SW 275 Mono	285 W SolarWorld Sunmodule Plus SW 285 Mono Black	140W SOLARA Ultra-S Φ/Β Σταθερού πλαisiού w/ SunPower κελιά S565M44	125 W Mitsubishi Φ/Β πλαίσιο	Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο	Canadian 260W Φ/Β Σταθερού πλαisiού
Τοποθέτηση 2 μήκος	3,40	3,40	3,80	3,81	3,42	3,48
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	0,68	0,68	1,20	1,22	0,70	0,79
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,34	0,34	0,60	0,61	0,35	0,39
Τοποθέτηση 2 πλάτος	10,99	11,00	19,68	16,32	11,10	11,20
Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0,99	0,00	0,38	0,22	0,10	0,20
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,11	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02
Συνολικός αριθμός πλαίσια	30	33	57	48	33	33

Έπειτα, υπολογίστηκε η συνολική ηλεκτρική ισχύς κάθε μοντέλου και το κόστος της κάθε εγκατάσταση (Πίνακες 27 και 28). Η συνολική ισχύς του κάθε μοντέλου προέκυψε πολλαπλασιάζοντας την ηλεκτρική ισχύ κάθε πλαισίου επί τον συνολικό αριθμό των πλαισίων που χωρούν στην επιφάνεια.

Πίνακας 27. Σύγκριση Φ/Β πλαίσια τοποθετημένα κατά πλάτος και κατά μήκος.

	1	2	3	4	5	6
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	Grape Solar 195W Μονοκρυσταλλικό πλαίσιο υψηλής απόδοσης 72 κελιά Φ/Β GS-S- 195-FAB3	LG 315W Φ/Β Σταθερού πλαisiού	Kyocera 330 W Φ/Β Σταθερού πλαisiού KD330GX- LFB	Kyocera 255 W Φ/Β Σταθερού πλαisiού KD255GX- LFB2	Kyocera 140 W 12 Volt Φ/Β Σταθερού πλαisiού	Solarland 180W 24V Σταθερού πλαισιού
Τοποθέτηση κατά μήκος της επιφάνειας.						
Συνολική ηλεκτρική ισχύ (kW)	8,19	9,45	7,92	7,65	7,84	6,30
Κόστος πλαισίων (€)	7.248	11.416	9.175	8.416	14.768	9.702
Τοποθέτηση κατά πλάτος της επιφάνειας.						
Συνολική ηλεκτρική ισχύ (kW)	7,61	10,40	7,92	8,42	6,72	5,94
Κόστος πλαισίων (€)	6.730	12.558	9.175	9.258	12.658	9.148

Πίνακας 28. Σύγκριση Φ/Β πλαίσια τοποθετημένα κατά πλάτος και κατά μήκος.

	7	8	9	10	11	12
Μοντέλο Φ/Β πλαίσια	275 W Solar World Sun module Plus SW 275 Mono	285 W SolarWorld Sunmodule Plus SW 285 Mono Black	140W SOLARA Ultra-S Φ/Β Σταθερού πλαisiού w/ SunPower κελιά S565M44	125 W Mitsubishi Φ/Β πλαίσιο	Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο	Canadian 260W Φ/Β Σταθερού πλαισιού
Τοποθέτηση κατά μήκος της επιφάνειας.						
Συνολική ηλεκτρική ισχύ (kW)	8,25	8,55	9,80	7,28	6,45	7,80
Κόστος πλαισίων (€)	8.973	9.239	55.195	20.765	5.177	7.832
Τοποθέτηση κατά πλάτος της επιφάνειας.						
Συνολική ηλεκτρική ισχύ (kW)	8,25	9,41	7,98	6,24	7,10	8,58
Κόστος πλαισίων (€)	8.973	10.163	44.944	17.798	5.695	8.615

Κατόπιν, επιλέχθηκαν δύο μοντέλα πλαισίων για έρευνα. Εντοπίστηκε το μοντέλο που θα αποδώσει τη μέγιστη συνολική ηλεκτρική ισχύ στο σύστημα και το μοντέλο με το ελάχιστο συνολικό κόστος εγκατάστασης. Το μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου που αποδίδει στο σύστημα την μέγιστη συνολική ηλεκτρική ισχύς είναι το LG 315W Φ/Β Σταθερού πλαισίου, με τα πλαίσια τοποθετημένα κατά πλάτος της επιφάνειας και με απόδοση 10,40 kW. Ακόμη, το μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου με το ελάχιστο συνολικό κόστος είναι το Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο, με τα πλαίσια τοποθετημένα κατά μήκος της επιφάνειας και με κόστος 5.177 €.

Στη συνέχεια, ακολούθησε πιο λεπτομερής μελέτη για την εγκατάσταση των δύο διαφορετικών μοντέλων στο αλιευτικό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

4.3.1.1 Μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου LG 315W Φ/Β σταθερού πλαισίου με την μεγαλύτερη απόδοση συνολικής ηλεκτρικής ισχύς στο σύστημα.

Πίνακας 29. Χαρακτηριστικά συστήματος.

Μοντέλο Φ/Β πλαισίων	LG 315W Φ/Β σταθερού πλαισίου
Εταιρεία	LG Φ/Β πλαίσια
Είδος Φ/Β πλαισίων	Μονοκρυσταλλικό
Τιμή (€)	380,5
Βάρος (kg)	17
Μήκος (m)	1,64
Πλάτος (m)	1
Πάχος (m)	0,04
Τάση (V)	33,2
Ένταση (A)	9,5
Ηλεκτρική ισχύ (W)	315
Αποδοτικότητα (%)	19,2
Τοποθέτηση μήκος	3,48
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	0,78
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαισίων (m)	0,39
Τοποθέτηση πλάτος	11,00
Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαισίων (m)	0
Συνολικός αριθμός πλαισίων	33
Συνολική ηλεκτρική ισχύ (kW)	10,40
Κόστος πλαισίων (€)	12.557,5
Βάρος πλαισίων (kg)	561

Προσδιορίστηκε η συνολική ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος, με βάση τις μέσες μηνιαίες kWh/(m²·day) της περιοχής της Σενεγάλης. Οι τιμές της περιοχής παρουσιάζονται στον Πίνακα 30.

Πίνακας 30. kWh/(m²·day) κατά μέσο όρο κάθε μήνα στην περιοχή της Σενεγάλης.

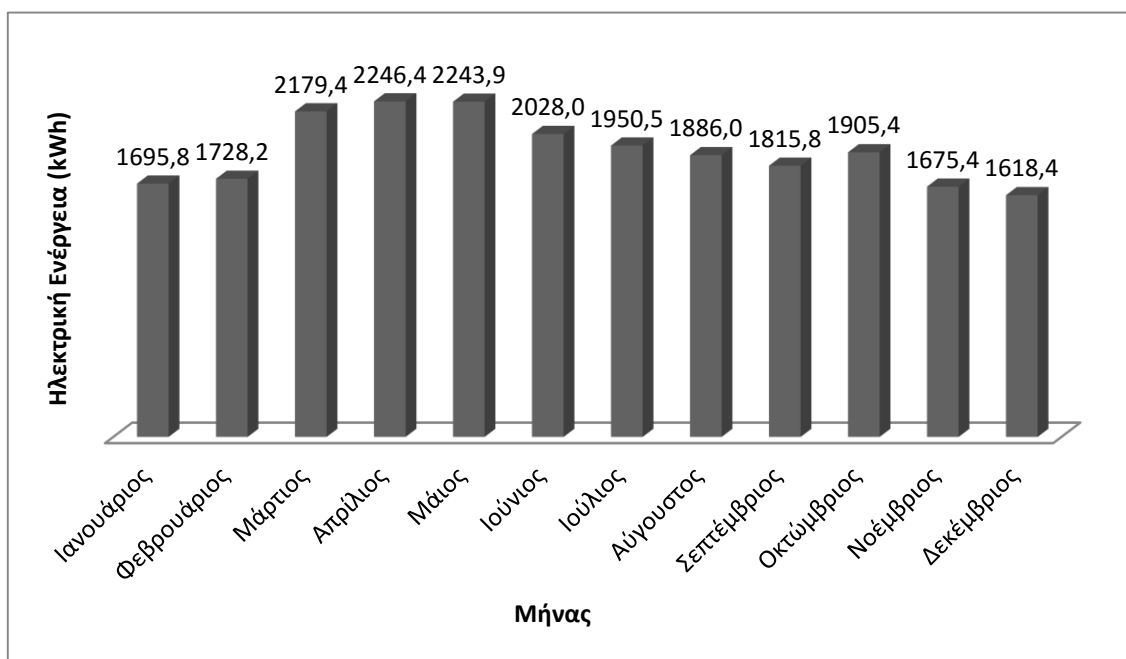
Μήνας	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Μέση μηνιαία kWh/(m ² ·day) της περιοχής της Σενεγάλης	5,26	5,73	6,76	7,2	6,96	6,5	6,05	5,85	5,82	5,91	5,37	5,02

Έπειτα, υπολογίστηκε κατά μέσο όρο η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος κατά τη διάρκεια μιας ημέρας και ολόκληρου του μήνα ανάλογα με το μήνα (Πίνακα 31). Επίσης προσδιορίστηκε το ποσοστό κάλυψης του ολικού ηλεκτρικού φορτίου που απαιτείται για τη λειτουργία του αλιευτικού από την εγκατάσταση του συστήματος. Ακολούθησε απεικόνιση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα σε ραβδόγραμμα (Γράφημα 9).

Πίνακας 31. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.

Μήνας	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά ημέρα (kWh)	54,7	59,6	70,3	74,9	72,4	67,6	62,9	60,8	60,5	61,5	55,8	52,2
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά μήνα (kWh)	1.695,8	1.728,2	2.179,4	2.246,4	2.243,9	2.028,0	1.950,5	1.886,0	1.815,8	1.905,4	1.675,4	1.618,4
Ποσοστό κάλυψης ολικού ηλεκτρικού φορτίου (%)	3,5	3,8	4,5	4,8	4,6	4,3	4,0	3,9	3,9	3,9	3,6	3,3

Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος ισούται με 22.973,4 kWh και αποτελεί το 4,0% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει το αλιευτικό ανά έτος.



Γράφημα 9. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής των Φ/Β πλαισίων. Ο χρόνος ζωής των πλαισίων θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα 20 ετών. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,027 €.

$$AKHE = \frac{\text{Κόστος φωτοβολταικών πλαισίων (€)}}{[\text{Ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}] * [\text{Χρόνο ζωής των πλαισίων (έτη)]}$$

$$AKHE = \frac{12.557,5 (\text{€})}{22.973,4 (\text{kWh}) * 20 (\text{έτη})} = 0,027 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

Προσδιορίστηκε η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x αλλά και οι νέες εκπομπές του αλιευτικού (Πίνακας 32).

Πίνακας 32. Αέριες εκπομπές.

	CO ₂	NO _x	SO _x
Μείωση των εκπομπών κατά (tn/έτος)	13,6	0,2	0,2
Νέες Εκπομπές (tn/έτος)	2.172,1	33,1	36,8

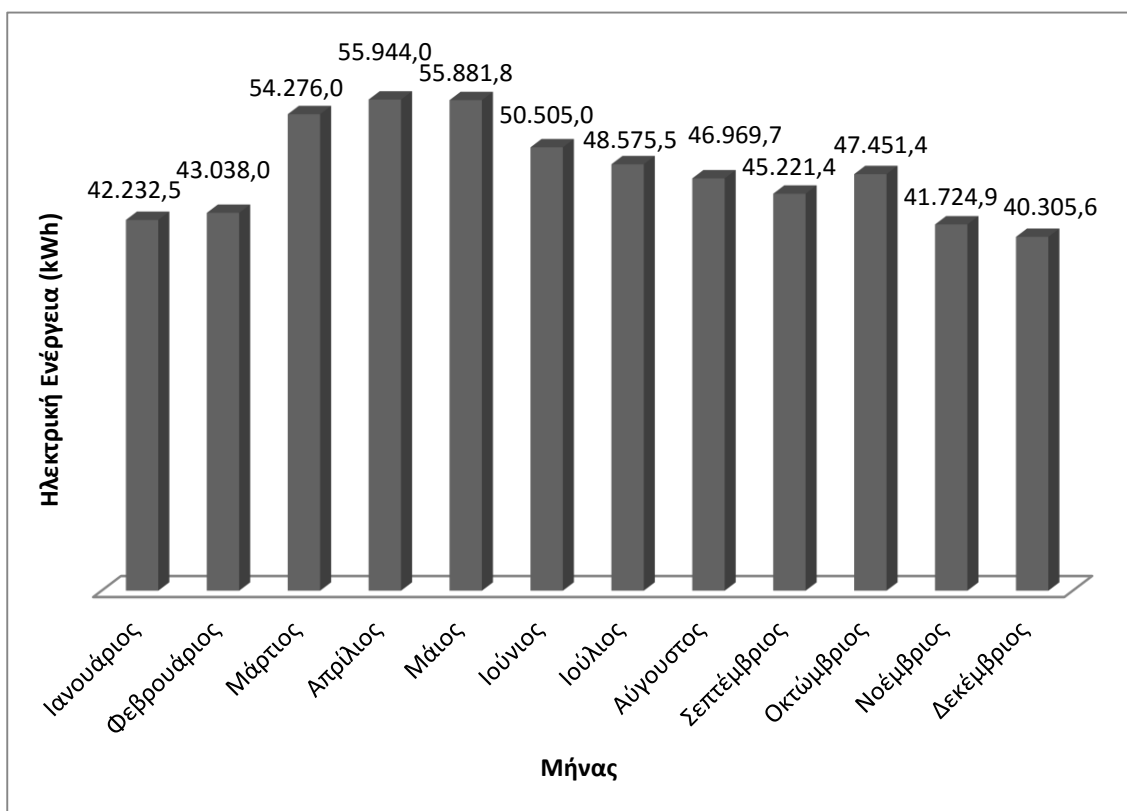
Για την πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από Φ/Β πλαίσια αυτού του μοντέλου της εταιρίας LG, θα χρειαζόταν το σύστημα να έχει συνολική ηλεκτρική ισχύς 259kW. Αφού κάθε πλαίσιο έχει ηλεκτρική ισχύ 315W, τότε θα χρειαστούν να εγκατασταθούν συνολικά 823 Φ/Β πλαίσια, ώστε το σύστημα να παρουσιάζει συνολική ισχύ 259W. Το κόστος των 823 Φ/Β πλαισίων θα αγγίζει τα 313.151,5 € και η απαιτούμενη έκταση για τη τοποθέτηση τους ισούται με περίπου 1,5 στρέμματα.

Έπειτα, υπολογίστηκε κατά μέσο όρο η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος κατά τη διάρκεια μιας ημέρας και ολόκληρου του μήνα ανάλογα με τον μήνα (Πίνακας 33). Επίσης προσδιορίστηκε το ποσοστό κάλυψης του ολικού ηλεκτρικού φορτίου που απαιτείται για τη λειτουργία του αλιευτικού από την εγκατάσταση του συστήματος. Ακολούθησε απεικόνιση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα (Γράφημα 10).

Πίνακας 33. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.

Μήνας	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά ημέρα (kWh)	1.362,3	1.484,1	1.750,8	1.864,8	1.802,6	1.683,5	1.567,0	1.515,2	1.507,4	1.530,7	1.390,8	1.300,2
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά μήνα (kWh)	42.232,5	43.038,0	54.276,0	55.944,0	55.881,8	50.505,0	48.575,5	46.969,7	45.221,4	47.451,4	41.724,9	40.305,6
Ποσοστό κάλυψης ολικού ηλεκτρικού φορτίου (%)	86,9	94,7	111,7	119,0	115,0	107,4	100,0	96,7	96,2	97,7	88,7	83,0

Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος ισούται με 572.125,8 kWh και αποτελεί το 100% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει το αλιευτικό ανά έτος.



Γράφημα 10. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής των Φ/Β πλαισίων. Ως χρόνος ζωής των πλαισίων θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα 20 ετών. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,027 €.

$$AKHE = \frac{\text{Κόστος φωτοβολταϊκών πλαισίων (€)}}{[\text{Ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}] * [\text{Χρόνο ζωής των πλαισίων (έτη)]}$$

$$AKHE = \frac{313.151,5 \text{ (€)}}{572.125,8 \text{ (kWh)} * 20 \text{ (έτη)}} = 0,027 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

Προσδιορίστηκε η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x αλλά και οι νέες εκπομπές του αλιευτικού (Πίνακας 34).

Πίνακας 34. Αέριες εκπομπές.

	CO ₂	NO _x	SO _x
Μείωση των εκπομπών κατά (tn/έτος)	337,6	5,1	5,7
Νέες Εκπομπές (tn/έτος)	1.848,0	28,2	31,3

4.3.1.2 Μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο με το χαμηλότερο κόστος συστήματος.

Πίνακας 35. Χαρακτηριστικά συστήματος.

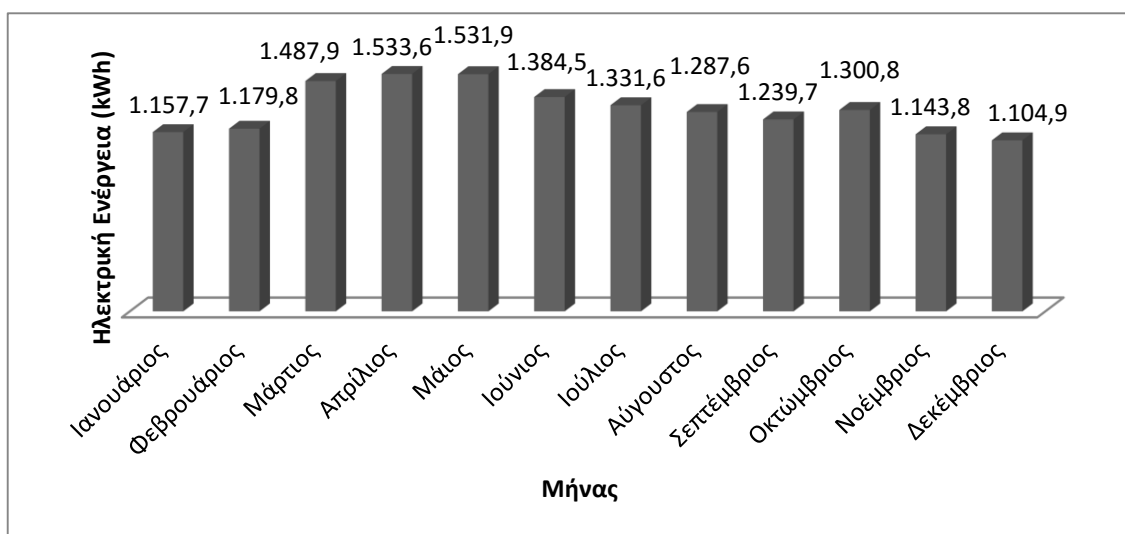
Μοντέλο Φ/Β πλαισίων	Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο
Εταιρεία	Suntech Φ/Β πλαίσια
Είδος Φ/Β πλαισίων	Πολυκρυσταλλικό
Τιμή (€)	172,6
Βάρος (kg)	20
Μήκος (m)	1,67
Πλάτος (m)	0,99
Πάχος (m)	0,05
Τάση (V)	29,2
Ένταση (A)	7,37
Ηλεκτρική ισχύ (W)	215
Αποδοτικότητα (%)	-
Τοποθέτηση μήκος	6,60
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	1,00
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαισίων (m)	0,20
Τοποθέτηση πλάτος	5,75
Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0,75
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαισίων (m)	0,19
Συνολικός αριθμός πλαισίων	30
Συνολική ηλεκτρική ισχύ (kW)	6,45
Κόστος πλαισίων (€)	5.177
Βάρος πλαισίων (kg)	600

Προσδιορίστηκε η συνολική ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος, με βάση τις ώρες ηλιοφάνειας της περιοχής της Σενεγάλης κατά μέσο όρο ανά μήνα. Οι ώρες ηλιοφάνειας της περιοχής παρουσιάζονται στον Πίνακα 30. Έπειτα, υπολογίστηκε κατά μέσο όρο η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος κατά τη διάρκεια μιας ημέρας και ολόκληρου του μήνα ανάλογα με τον μήνα (Πίνακας 36). Επίσης, προσδιορίστηκε το ποσοστό κάλυψης του ολικού ηλεκτρικού φορτίου που απαιτείται για τη λειτουργία του αλιευτικού από την εγκατάσταση του συστήματος. Ακολούθησε απεικόνιση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα σε ραβδόγραμμα (Γράφημα 11).

Πίνακας 36. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.

Μήνας	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά ημέρα (kWh)	37,3	40,7	48,0	51,1	49,4	46,2	43,0	41,5	41,3	42,0	38,1	35,6
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά μήνα (kWh)	1.157,7	1.179,8	1.487,9	1.533,6	1.531,9	1.384,5	1.331,6	1.287,6	1.239,7	1.300,8	1.143,8	1.104,9
Ποσοστό κάλυψης ολικού ηλεκτρικού φορτίου (%)	2,4	2,6	3,1	3,3	3,2	2,9	2,7	2,6	2,6	2,7	2,4	2,3

Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος ισούται με 15.683,8 kWh και αποτελεί το 2,7% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει το αλιευτικό ανά έτος.



Γράφημα 11. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής των Φ/Β πλαισίων. Ο χρόνος ζωής των πλαισίων θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα 20 ετών. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,018€.

$$AKHE = \frac{\text{Κόστος φωτοβολταϊκών πλαισίων (€)}}{[\text{Ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}] * [\text{Χρόνο ζωής των πλαισίων (έτη)}]}$$

$$AKHE = \frac{5.177 \text{ (€)}}{15.683,8 \text{ (kWh)} * 20 \text{ (έτη)}} = 0,018 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

Προσδιορίστηκε η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x αλλά και οι νέες εκπομπές του αλιευτικού (Πίνακας 37).

Πίνακας 37. Αέριες εκπομπές.

	CO ₂	NO _x	SO _x
Μείωση των εκπομπών κατά (tn/έτος)	9,3	0,1	0,2
Νέες Εκπομπές (tn/έτος)	2.176,3	33,2	36,8

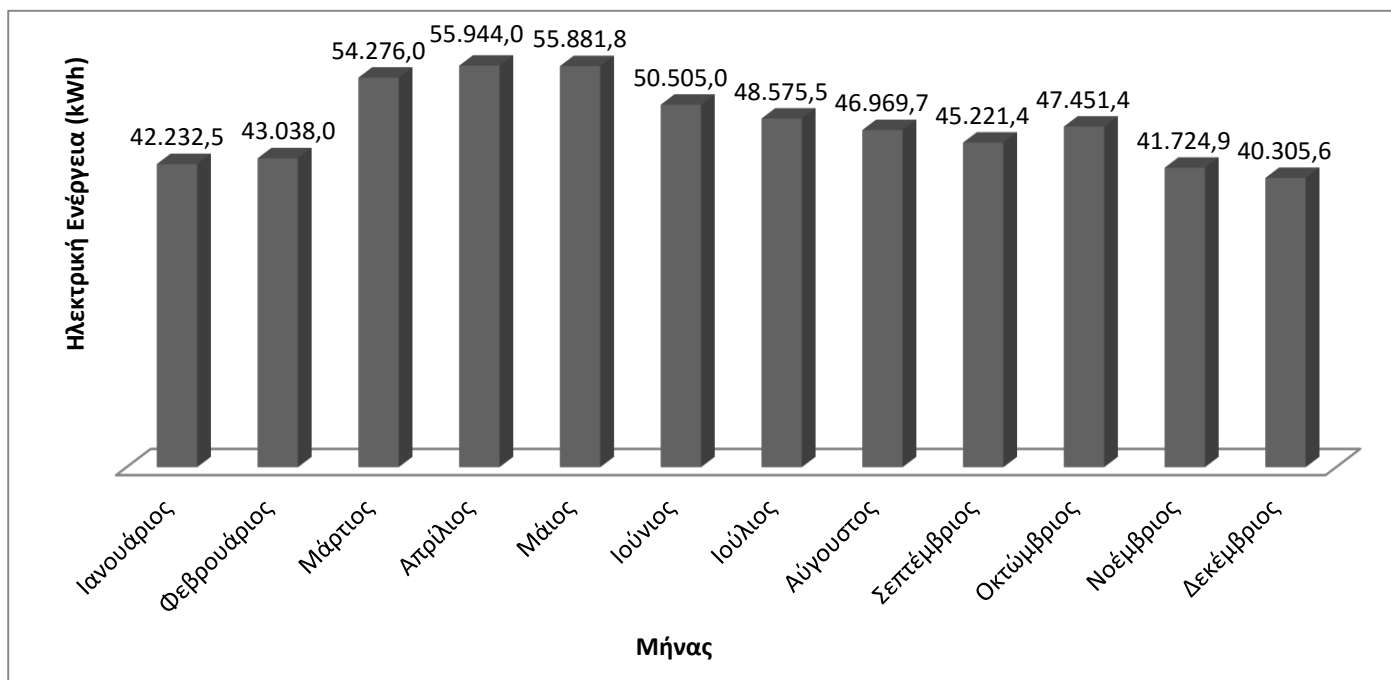
Για την πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από Φ/Β πλαίσια αυτού του μοντέλου της εταιρίας Suntech Φ/Β πλαίσιο, θα χρειαζόταν το σύστημα να έχει συνολική ηλεκτρική ισχύς 259kW. Αφού το κάθε πλαίσιο έχει ηλεκτρική ισχύ 215W, τότε θα χρειαστούν να εγκατασταθούν συνολικά 1.205 Φ/Β πλαίσια ώστε το σύστημα να παρουσιάζει συνολική ισχύ 259kW. Το κόστος των 1.205 Φ/Β πλαισίων θα αγγίζει τα 207.983 € και η απαιτούμενη έκταση για τη τοποθέτηση τους ισούται με περίπου 2 στρέμματα.

Έπειτα, υπολογίστηκε κατά μέσο όρο η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος κατά τη διάρκεια μιας ημέρας και ολόκληρου του μήνα ανάλογα με το μήνα (Πίνακας 38). Επίσης προσδιορίστηκε το ποσοστό κάλυψης του ολικού ηλεκτρικού φορτίου που απαιτείται για τη λειτουργία του αλιευτικού από την εγκατάσταση του συστήματος. Ακολούθησε απεικόνιση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα (Γράφημα 12).

Πίνακας 38. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Σενεγάλης.

Μήνας	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά ημέρα (kWh)	1.362,3	1.484,1	1.750,8	1.864,8	1.802,6	1.683,5	1.567,0	1.515,2	1.507,4	1.530,7	1.390,8	1.300,2
Ηλεκτρική Ενέργεια ανά μήνα (kWh)	42.232,5	43.038,0	54.276,0	55.944,0	55.881,8	50.505,0	48.575,5	46.969,7	45.221,4	47.451,4	41.724,9	40.305,6
Ποσοστό κάλυψης ολικού ηλεκτρικού φορτίου (%)	86,9	94,7	111,7	119,0	115,0	107,4	100,0	96,7	96,2	97,7	88,7	83,0

Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος ισούται με 572.125,8 kWh και αποτελεί το 100% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει το αλιευτικό ανά έτος.



Γράφημα 12. Ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh).

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής των Φ/Β πλαισίων. Ο χρόνος ζωής των πλαισίων θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα 20 ετών. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,018 €.

$$AKHE = \frac{\text{Κόστος φωτοβολταϊκών πλαισίων (€)}}{[\text{Ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}] * [\text{Χρόνο ζωής των πλαισίων (έτη)}]}$$

$$AKHE = \frac{207.983,0 \text{ (€)}}{572.125,8 \text{ (kWh)} * 20 \text{ (έτη)}} = 0,018 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

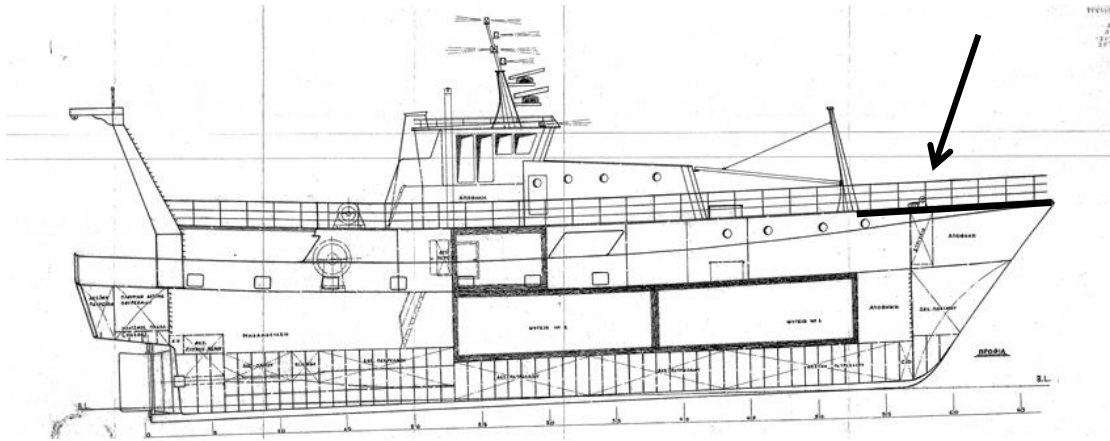
Προσδιορίστηκε η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x αλλά και οι νέες εκπομπές του αλιευτικού (Πίνακας 39).

Πίνακας 39. Αέριες εκπομπές.

	CO ₂	NO _x	SO _x
Μείωση των εκπομπών κατά (tn/έτος)	337,6	5,1	5,7
Νέες Εκπομπές (tn/έτος)	1.848,0	28,2	31,3

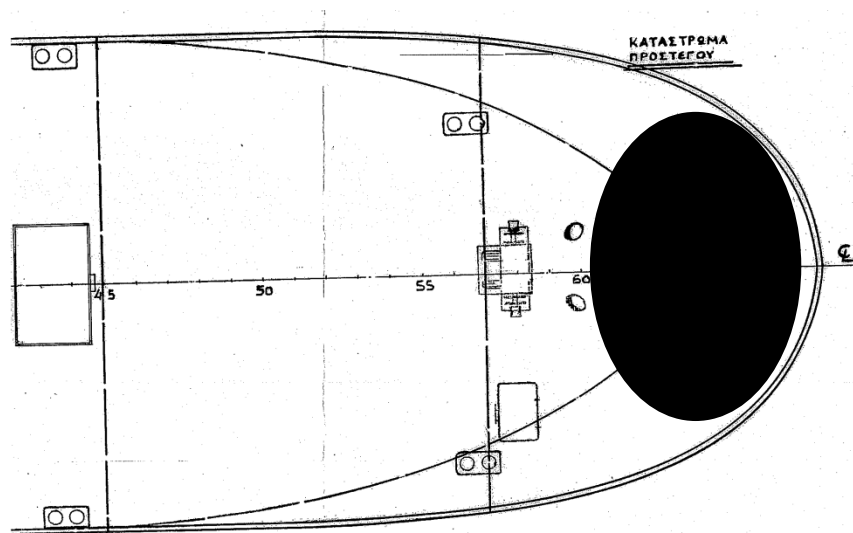
4.3.2 Μικρές Α/Γ

Το δεύτερο ενδεχόμενο που διερευνήθηκε ήταν η δυνατότητα τοποθέτησης μικρών ανεμογεννητριών σε μη χρησιμοποιήσιμες επιφάνειες του αλιευτικού. Η επιφάνεια που επιλέχθηκε για τη τοποθέτηση των μικρών ανεμογεννητριών βρίσκεται στη πλώρη του σκάφους (Εικόνα 14). Πιο συγκεκριμένα, η επιφάνεια που επιλέχθηκε για την τοποθέτηση τους είναι η μύτη του σκάφους, όπως φαίνεται στις Εικόνες 18 και 19.



Εικόνα 18.

Επιφάνεια τοποθέτησης μικρών ανεμογεννητριών πάνω στο σκάφος.



Εικόνα 19.

Χώρος τοποθέτησης μικρών ανεμογεννητριών πάνω στο σκάφος.

Επιλέχθηκε ένας αριθμός διαφορετικών μικρών ανεμογεννητριών και διερευνήθηκε το ενδεχόμενο επιλογής τους για την τοποθέτηση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον αέρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μικρές Α/Γ που επιλέχθηκαν ήταν οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα. Τα μοντέλα που επιλέχθηκαν να εξερευνηθούν ήταν τέσσερις διαφορετικές μικρές Α/Γ, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 40.

Πίνακας 40. Χαρακτηριστικά μοντέλων μικρών ανεμογεννητριών.

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1-ARMS- 15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ Χ 48V
Εταιρεία	Air Silent X Α/Γ	Rutland 1200 Α/Γ	Typmar Maglev Α/Γ	Air Χ Α/Γ
Είδος Α/Γ	Οριζόντιου άξονα	Οριζόντιου άξονα	Κατακόρυφου άξονα	Οριζόντιου άξονα
Τιμή (€)	1.264,6	1.538,1	1.414,2	1.008,8
Βάρος (kg)	6	7,8	27	6
Διάμετρος ρότορα (m)	1,14	1,22	1,23	1,14
Πύργος (m)	0,675	0,62	1,09	-
Ύψος Ασφάλειας μεγαλύτερο από (m)	0,56	1,27	-	-
Απαραίτητη ταχύτητα ανέμου για εκκίνηση περιστροφής (m/s)	3,6	1,3	1	3
Απαραίτητη ταχύτητα ανέμου για εκκίνηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (m/s)	-	2,5	2,7	-
Μέγιστη ταχύτητα ανέμου (m/s)	49,17	14,9	15	30
Ηλεκτρική ισχύ (W)	400	483	230	400
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)	12,5	15	14	12,5
Τάση (V)	12	24	12	48
Ένταση (A)	-	17,76	14	-

Με βάση τις διαστάσεις τους και τη διαθέσιμη επιφάνεια υπολογίστηκε ο αριθμός των μικρών ανεμογεννητριών που μπορούν να τοποθετηθούν στην πλώρη του αλιευτικού. Ο αριθμός των ανεμογεννητριών που δύναται να τοποθετηθούν πάνω στο σκάφος χωρίς την παρεμπόδιση των λειτουργιών του είναι πέντε.

Για την εύρεση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος ανάλογα με την επιλογή του μοντέλου Α/Γ, ερευνήθηκε στην παγκόσμια βιβλιογραφία ο συντελεστής χρησιμότητας C_f ανεμογεννητριών εκτός στεριάς για την Αφρική. Ο συντελεστής χρησιμότητας ανεμογεννητριών εκτός στεριάς στην Αφρική ισούται με 30%.

Στον Πίνακα 41 παρουσιάζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος ανάλογα με την επιλογή μοντέλου Α/Γ.

Πίνακας 41. Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με βάση το C_f .

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1- ARMS-15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ X 48V
Ηλεκτρική Ενέργεια με βάση το συντελεστή χρησιμοποίησης C_f (30%) για ένα έτος (kWh)	5.256	6.347	3.022	5.256

Στον Πίνακα 42 παρουσιάζεται το κόστος του κάθε συστήματος ανάλογα με την επιλογή μοντέλου Α/Γ.

Πίνακας 42. Κόστος κάθε συστήματος ανεμογεννητριών.

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1-ARMS- 15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ Χ 48V
Κόστος Α/Γ (€)	6.323,0	7.690,3	7.070,8	5.044,2

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής των μικρών ανεμογεννητριών. Ο χρόνος ζωής τους θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα 20 ετών. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε με την παρακάτω εξίσωση και παρουσιάζονται στον Πίνακα 43.

$$AKHE = \frac{\text{Κόστος μικρών Α/Γ (€)}}{[\text{Ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}] * [\text{Χρόνο ζωής των Α/Γ (έτη)}]}$$

Πίνακας 43. ΑΚΗΕ

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1-ARMS- 15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ Χ 48V
ΑΚΗΕ για 20 χρόνια (€/kWh)	0,06	0,06	0,12	0,04

Υπολογίστηκε το επιπλέον φορτίο που θα προστεθεί στο αλιευτικό κατά τη τοποθέτηση των μικρών ανεμογεννητριών στην πλώρη του σκάφους. Τα αποτελέσματα των διαφορετικών μοντέλων εμφανίζονται στον Πίνακα 44.

Πίνακας 44. Προστιθέμενο φορτίο.

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1-ARMS- 15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ Χ 48V
Βάρος των ανεμογεννητριών (kg)	30	39	135	30

Προσδιορίστηκε το ποσοστό κάλυψης του ηλεκτρικού φορτίου που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία του αλιευτικού που επιτύχει κάθε σύστημα (Πίνακας 45).

Πίνακας 45. Ποσοστό κάλυψης ηλεκτρικού φορτίου.

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1-ARMS- 15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ Χ 48V
Ποσοστό κάλυψης ολικού ηλεκτρικού φορτίου (%)	0,92	1,11	0,53	0,92

Επιπλέον, η τοποθέτηση μικρών ανεμογεννητριών στην επιφάνεια του αλιευτικού οδηγεί στη μείωση των αερίων εκπομπών που επιβαρύνουν το περιβάλλον. Η μείωση των αερίων εκπομπών του κάθε συστήματος εντοπίζεται στον Πίνακα 46.

Πίνακας 46. Εκπομπές Αερίων.

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1-ARMS- 15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ Χ 48V
Μείωση των εκπομπών CO₂ κατά (tn/έτος)	3,1	3,7	1,8	3,1
Νέες Εκπομπές CO₂ (tn/έτος)	2.182,50	2.181,86	2.183,82	2.182,50
Μείωση των εκπομπών κατά NO_x (tn/έτος)	0,05	0,06	0,03	0,05
Νέες Εκπομπές NO_x (tn/έτος)	33,25	33,24	33,27	33,25
Μείωση των εκπομπών κατά SO_x (tn/έτος)	0,05	0,06	0,03	0,05
Νέες Εκπομπές SO_x (tn/έτος)	36,95	36,94	36,97	36,95

Πραγματοποιήθηκε έρευνα για την ολική κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου σε καθημερινή βάση λειτουργίας του αλιευτικού και τα αποτελέσματα που αντιστοιχούν στην απαραίτητη δέσμευση κεφαλαίου και εδάφους παρουσιάζονται στον Πίνακα 47.

Πίνακας 47. Πλήρη κάλυψη ηλεκτρικού φορτίου από Α/Γ.

	1	2	3	4
Μοντέλο Α/Γ	Air Silent X Α/Γ πλοίου 12V 1-ARMS- 15-12	Rutland 1200 Α/Γ	Maglev 300W Α/Γ κατακόρυφου άξονα CXF-300	Α/Γ Χ 48V
Για την κάλυψη όλων των ηλεκτρικών αναγκών απαιτείται αριθμός Α/Γ	545	451	946	545
Απαιτούμενη έκταση (Στρέμματα)	0,6	0,5	1,1	0,6
Κόστος (€)	689.489	693.203	1.338.465	550.047

Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του συστήματος διαφέρει ανάλογα με την επιλογή του μοντέλου μικρής Α/Γ και παρουσιάζεται στον Πίνακα 43. Η μείωση των εκπομπών που επιτυγχάνεται με την πλήρη κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών με μικρές Α/Γ είναι όμοια με αυτή που προκύπτει από την πλήρη κάλυψη του φορτίου από Φ/Β πλαίσια. Η μείωση των εκπομπών παρουσιάζεται στον Πίνακα 39 .

4.3.3 Υβριδικό Σύστημα

Το υβριδικό σύστημα αποτελείται από συνδυασμό Φ/Β πλαισίων και μικρών ανεμογεννητριών πάνω στο αλιευτικό. Εξετάστηκαν δύο ξεχωριστά υβριδικά συστήματα που αποτελούνταν από το ίδιο μοντέλο μικρών ανεμογεννητριών, αλλά από διαφορετικό μοντέλο Φ/Β πλαισίων. Το ένα υβριδικό σύστημα σχεδιάστηκε με το μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου που εξετάστηκε στην ενότητα 4.3.1.1 και το άλλο με το μοντέλο της ενότητας 4.3.1.2. Το μοντέλο της μικρής Α/Γ που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί και στα δύο συστήματα είναι το AIR X Wind Generator 48V. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιλογή αυτή βασίστηκε στην τάση του συγκεκριμένου μοντέλου, καθώς τα μοντέλα των Φ/Β συστημάτων έχουν 48V τάση.

4.3.3.1 Υβριδικό Σύστημα με χρήση LG 315W Φ/Β σταθερού πλαισίου και AIR X Wind A/Γ 48V

Το υβριδικό σύστημα αυτό αποτελεί συνδυασμό των δύο συστημάτων που εξετάστηκαν στην ενότητα 4.3.1.1 και 4.3.2. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος εμφανίζονται στον Πίνακα 48.

Πίνακας 48. Χαρακτηριστικά υβριδικού συστήματος.

Φ/Β πλαίσια		Μικρές Α/Γ	
Μοντέλο Φ/Β πάνελ	LG 315W Φ/Β σταθερού πλαισίου	Μοντέλο Α/Γ	AIR X Wind A/Γ 48V
Εταιρεία	LG Φ/Β πλαίσια	Εταιρεία	Air X A/Γ
Είδος Φ/Β πλαισίων	Μονοκρυσταλλικό	Είδος Α/Γ	Οριζόντιου άξονα
Τιμή (€)	380,5	Τιμή (€)	1.008,8
Βάρος (kg)	17	Βάρος (kg)	6
Μήκος (m)	1,64	Διάμετρος ρότορα (m)	1,14
Πλάτος (m)	1	Πύργος (m)	-
Πάχος (m)	0,04	Ύψος Ασφάλειας μεγαλύτερο από (m)	-
Τάση (V)	33,2	Απαραίτητη ταχύτητα ανέμου για εκκίνηση περιστροφής (m/s)	3
Ένταση (A)	9,5	Απαραίτητη ταχύτητα ανέμου για εκκίνηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (m/s)	-

Ηλεκτρική ισχύ (W)	315		Μέγιστη ταχύτητα ανέμου (m/s)	30
Αποδοτικότητα (%)	19,2		Ηλεκτρική ισχύ (W)	400
Τοποθέτηση μήκος	3,5		Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)	12,5
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	0,8		Τάση (V)	48
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,4		Ένταση (A)	-
Τοποθέτηση πλάτος	11,0			
Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0,0			
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,0			
Συνολικός αριθμός πλαίσια	33		Αριθμός Α/Γ	5

Το συνολικό κόστος του υβριδικού συστήματος είναι το άθροισμα των δύο επιμέρους τμημάτων. Αντίστοιχα, το συνολικό βάρος του συστήματος και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος είναι το άθροισμα των δύο επιμέρους συστημάτων (Πίνακας 49).

Πίνακας 49. Κόστος, βάρος και ηλεκτρική ενέργεια υβριδικού συστήματος.

Κόστος Υβριδικού Συστήματος (Φ/Β & Α/Γ) (€)	17.601,8
Βάρος Υβριδικού Συστήματος (Φ/Β & Α/Γ) (kg)	591,0
Ηλεκτρική Ενέργεια με το συντελεστή χρησιμοποίησης C_f (Α/Γ=30%) και την ηλιοφάνεια της περιοχής για Φ/Β για ένα έτος (kWh)	28.229,4

Το ποσοστό κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών του αλιευτικού ετησίως από το υβριδικό σύστημα αγγίζει το 4,3%.

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του υβριδικού συστήματος. Ο χρόνος ζωής των πλαισίων και των ανεμογεννητριών θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα 20 ετών. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,031€.

$$AKHE = \frac{\text{Κόστος υβριδικού συστήματος (€)}}{[\text{Ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}] * [\text{Χρόνο ζωής συστήματος (έτη)}]}$$

$$AKHE = \frac{17.601,8 (\text{€})}{28.229,4 (\text{kWh}) * 20 (\text{έτη})} = 0,031 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

Προσδιορίστηκε η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x αλλά και οι νέες εκπομπές του αλιευτικού (Πίνακας 50).

Πίνακας 50.Αέριες εκπομπές.

	CO ₂	NO _x	SO _x
Μείωση των εκπομπών κατά (tn/έτος)	16,7	0,3	0,3
Νέες Εκπομπές (tn/έτος)	2.168,9	33,1	36,7

4.3.3.2 Υβριδικό Σύστημα με χρήση Suntech 215W Φ/Β πλαίσια και AIR X Wind A/Γ 48V

Το υβριδικό σύστημα αυτό αποτελεί συνδυασμό των δύο συστημάτων που εξετάστηκαν στην ενότητα 4.3.1.2 και 4.3.2. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος εμφανίζονται στον Πίνακα 51.

Πίνακας 51. Χαρακτηριστικά υβριδικού συστήματος.

Φ/Β πλαίσια		Μικρές A/Γ	
Μοντέλο Φ/Β πλαισίου	Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο	Μοντέλο A/Γ	AIR X Wind A/Γ 48V
Εταιρεία	Suntech Φ/Β πλαίσια	Εταιρεία	Air X Wind A/Γ
Είδος Φ/Β πλαισίων	Πολυκρυσταλλικό	Είδος A/Γ	Οριζόντιου άξονα
Τιμή (€)	172,6	Τιμή (€)	1.008,8
Βάρος (kg)	20	Βάρος (kg)	6
Μήκος (m)	1,666	Διάμετρος ρότορα (m)	1,14
Πλάτος (m)	0,9906	Πύργος (m)	-
Πάχος (m)	0,05	Ύψος Ασφάλειας μεγαλύτερο από (m)	-
Τάση (V)	29,2	Απαραίτητη ταχύτητα ανέμου για εκκίνηση περιστροφής (m/s)	3
Ένταση (A)	7,37	Απαραίτητη ταχύτητα ανέμου για εκκίνηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (m/s)	-
Ηλεκτρική ισχύ (W)	215	Μέγιστη ταχύτητα ανέμου (m/s)	30
Αποδοτικότητα (%)	-	Ηλεκτρική ισχύ (W)	400
Τοποθέτηση μήκος	3,4	Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)	12,5
Χώρος για διάκενα κατά μήκος (m)	0,7	Τάση (V)	48
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,4	Ένταση (A)	-
Τοποθέτηση πλάτος	11,1		

Χώρος για διάκενα κατά πλάτος (m)	0,1			
Απόσταση ανάμεσα στα Φ/Β πλαίσια (m)	0,0			
Συνολικός αριθμός πλαίσια	33		Αριθμός Α/Γ	5

Το συνολικό κόστος του υβριδικού συστήματος είναι το άθροισμα των δύο επιμέρους τμημάτων. Αντίστοιχα, το συνολικό βάρος του συστήματος και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος είναι το άθροισμα των δύο επιμέρους συστημάτων (Πίνακας 52).

Πίνακας 52. Κόστος, βάρος και ηλεκτρική ενέργεια υβριδικού συστήματος.

Κόστος Υβριδικού Συστήματος (Φ/Β & Α/Γ) (€)	10.738,9
Βάρος Υβριδικού Συστήματος (Φ/Β & Α/Γ) (kg)	591,0
Ηλεκτρική Ενέργεια με το συντελεστή χρησιμοποίησης C_f (Α/Γ=30%) και την ηλιοφάνεια της περιοχής για Φ/Β για ένα έτος (kWh)	20.939,8

Το ποσοστό κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών του αλιευτικού ετησίως από το υβριδικό σύστημα αγγίζει το 3,7%.

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του υβριδικού συστήματος. Ο χρόνος ζωής των πλαισίων και των ανεμογεννητριών θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα 20 ετών. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,026€.

$$AKHE = \frac{\text{Κόστος υβριδικού συστήματος (€)}}{[\text{Ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}] * [\text{Χρόνο ζωής συστήματος (έτη)}]}$$

$$AKHE = \frac{10.738,9 \text{ (€)}}{20.939,8 \text{ (kWh)} * 20 \text{ (έτη)}} = 0,026 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

Προσδιορίστηκε η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x αλλά και οι νέες εκπομπές του αλιευτικού (Πίνακας 53).

Πίνακας 53. Αέριες εκπομπές.

	CO ₂	NO _x	SO _x
Μείωση των εκπομπών κατά (tn/έτος)	12,4	0,2	0,2
Νέες Εκπομπές (tn/έτος)	2.173,3	33,1	36,8

Πίνακας 54. Συγκεντρωτικός Πίνακας Σεναρίου 1.

	Σύστημα	Κόστος (€)	Ποσοστό κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών (%)	Μείωση εκπομπών (tn/έτος)		
				CO ₂	NO _x	SO _x
1	LG Φ/B πλαίσια	12.557,5	4,0	13,6	0,2	0,2
2	Suntech Φ/B πλάισια	5.177,0	2,7	9,3	0,1	0,2
3	Air Silent X A/Γ	6.323,0	0,9	3,1	0,05	0,05
4	Rutland 1200 A/Γ	7.690,3	1,1	3,7	0,06	0,06
5	Typpmar Maglev A/Γ	7.070,8	0,5	1,8	0,03	0,03
6	Air X A/Γ	5.044,2	0,9	3,1	0,05	0,05
7	Υβριδικό (1)	17.601,8	4,3	16,7	0,3	0,3
8	Υβριδικό (2)	10.738,9	3,7	12,4	0,2	0,2

4.4 Σενάριο 2^ο

Ένα L πετρελαίου ντίζελ αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε 0,2 kWh με βάση τη στατιστική ανάλυση της ενότητας 4.1 και γνωρίζοντας ότι το βιοντίζελ jatropha έχει απόδοση 95% σε σχέση με το πετρέλαιο, τότε ένα L βιοντίζελ jatropha αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε 0,19 kWh. Με τη θεώρηση της τιμής ενός L βιοντίζελ jatropha στα 0,88€, το κόστος της κάθε kWh προερχόμενο εξολοκλήρου από βιοντίζελ jatropha υπολογίζεται στα 0,166€/kWh.

5 Συζήτηση

Το αλιευτικό που επιλέχθηκε να ερευνηθεί και να αξιολογηθεί η βιωσιμότητα ενεργειακής αυτονομίας του, αλιεύει με συρόμενα εργαλεία (τράτα βυθού) στον Ατλαντικό ωκεανό. Αλιεύει όλη τη διάρκεια του χρόνου, εκτός από μια φορά το έτος που πραγματοποιούνται εργασίες συντήρησης. Τα είδη που αλιεύονται είναι διάφορα είδη αλιευμάτων. Το αλιευτικό κατασκευάστηκε το 2.000 και ο σκελετός του αποτελείται από χάλυβα. Το μήκος του αλιευτικού είναι 36,3m, η ολική χωρητικότητα του είναι 291tn και το νεκρό βάρος του ισούται με 350tn. Η κύρια μηχανή είναι 808,61 kW και έχει αξονική γεννήτρια. Πραγματοποιεί κατά μέσο όρο 6 ταξίδια ανά έτος και οι ημέρες στη θάλασσα κατά μέσο όρο ανά έτος είναι 288. Το κάθε ταξίδι του αλιευτικού διαρκεί περίπου ενάμιση μήνα, εκ των οποίων αλιεύει 24h την ημέρα. Το αλιευτικό περιέχει θαλάμους βαθιάς κατάψυξης για τη συντήρηση των αλιευμάτων. Επομένως, είναι απαραίτητα μεγάλα ενεργειακά φορτία για την ορθή λειτουργία του πλοίου που προέρχονται εξολοκλήρου από την κατανάλωση diesel από πετρέλαιο.

Με τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων του αλιευτικού ορίστηκαν στατιστικοί παράμετροι και διερευνήθηκε η τάση τους. Αρχικά, η τιμή πώλησης των αλιευμάτων ανά kg, παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις με μια σχετική τάση μείωσης της τιμής με την πάροδο των χρόνων. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή πώλησης αυξήθηκε απότομα το 2005 και το 2012. Οι απότομες αυξήσεις της τιμής πώλησης αυτά τα δύο έτη μπορούν να οφείλονται σε δύο λόγους. Είτε αυξήθηκε η ποιότητα των εμπορευμάτων, δηλαδή τα αλιεύματα που αλιεύτηκαν είχαν μεγαλύτερη εμπορική αξία με βάση την τότε αγορά, είτε το κόστος αλιείας ήταν αυξημένο εκείνη τη χρονιά. Παρατηρώντας τις μέσες τιμές diesel από πετρέλαιο ανά έτος στο λιμάνι της Σενεγάλης συμπεραίνεται ότι το 2005 και το 2012 αυξήθηκε η τιμή του diesel από πετρέλαιο, επομένως η αύξηση στη τιμή πώλησης των αλιευμάτων οφειλόταν στην αύξηση του κόστους καυσίμων. Με την πάροδο των χρόνων η τιμή πώλησης των αλιευμάτων ακολουθεί μια σχετική μείωση, που πιθανόν να οφείλεται στην αλιεία ειδών με μικρότερη εμπορική αξία ή στην προσαρμογή των τιμών των αλιευμάτων στην οικονομική ύφεση.

Η επόμενη παράμετρος που σχηματίστηκε ήταν της παραγωγικότητας, δηλαδή η ποσότητα των αλιευμάτων που αλιεύονται προς τα ναυτικά μίλια που διασχίζει το πλοίο ανά έτος. Η παραγωγικότητα του αλιευτικού παρουσιάζει γενικά αυξητική τάση. Τα πρώτα 4 χρόνια η παραγωγικότητα παραμένει σχετικά σταθερή, ενώ το 2007 μειώνεται σημαντικά. Η απότομη μείωση το 2007, πιθανόν να οφείλεται στην αλλαγή διαχείρισης του σκάφους και πιο συγκεκριμένα αλλαγή του καπετάνιου, καθώς οι ημέρες ταξιδιού του αλιευτικού και η ζώνη αλιείας δεν μεταβλήθηκαν. Η τάση αύξησης του δείκτη σημαίνει ότι αλιεύονται μεγαλύτερες ποσότητες

αλιευμάτων ανά ναυτικό μίλι που διασχίζει το αλιευτικό ανά έτος. Επομένως, συμπεραίνεται ότι με την πάροδο των χρόνων το απόθεμα στη συγκεκριμένη αλιευτική ζώνη αυξάνεται. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη νομοθεσία που πιθανόν να έχει εφαρμοστεί στην περιοχή για την προστασία του θαλάσσιου αποθέματος. Ακόμη αξίζει να σημειωθεί η αυστηρότητα των νόμων τις Ευρωπαϊκής ένωσης για την αλιεία και έκδοση άδειας στα παράλια της δυτικής Αφρικής. Συνεπώς, ο αριθμός του αλιευτικού στόλου της περιοχής έχει μειωθεί και αυτό συνεπάγεται στην αύξηση των αλιευόμενων εμπορευμάτων ανά αλιευτικό. Η αλληλεξάρτηση των δύο μεγεθών, δυναμικότητα στόλου και αναλογία σύλληψης, διατυπώνεται στο διάγραμμα 'Δυναμικότητας παγκόσμιου στόλου και αναλογία σύλληψης, 1970-90' της Anne Platt McGinn το 1998.

Η μέση τιμή diesel από πετρέλαιο ανά L στο λιμάνι της Σενεγάλης παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Γενικά, η τιμή του πετρελαίου είναι ένα ασταθές μέγεθος που επηρεάζεται από πολιτικά και κρατικά συμφέροντα. Η τιμή του πετρελαίου το 2001 έως και το 2003 ήταν πολύ χαμηλά και παρέμεινε σχεδόν σταθερή περίπου στα 0,21 με 0,24 €. Στην συνέχεια, παρατηρείται μια συνεχόμενη αύξηση χρόνο με το χρόνο της τάξης των 0,10 € από το 2003 μέχρι και το 2007. Το 2008 εκτοξεύεται η τιμή του πετρελαίου στα 0,58 €/L. Η οποία τιμή με την πάροδο των ετών σταθεροποιείται περίπου στα 0,60 €/L πετρελαίου από το 2011 έως και το 2014. Το 2015 η τιμή του πετρελαίου μειώνεται απότομα στα 0,48 €/L, δηλαδή ίση με τη τιμή diesel από πετρέλαιο το 2007. Η τιμή του πετρελαίου το 2015 θεωρείται ιδιαίτερα χαμηλή σε σχέση με τα τελευταία 4 χρόνια, αλλά σε σχέση με το 2001 είναι κάτι παραπάνω από διπλάσια. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι, το ποσό για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ενός αλιευτικού που καταβάλλεται έχει διπλασιαστεί περίπου σε 14 χρόνια.

Σχηματίστηκε το ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στο κόστος των καυσίμων ανά έτος. Η διακύμανση των ποσοστών κυμαίνεται από 15,4% έως και 50,9%. Έχει γενικά μια αυξητική τάση με την πάροδο των χρόνων, με αυξομειώσεις από έτος σε έτος. Γενικότερα, από το 2010 έως το 2014 έχει διατηρηθεί σε ένα ψηλό ποσοστό της τάξεως των 35-50% των ακαθάριστων εσόδων. Το 2013 το κόστος που δαπανήθηκε για την προμήθεια καυσίμων υπολογίστηκε στο 50,9% των ακαθάριστων εσόδων. Η τιμή αυτή αποτέλεσε το μέγιστο παρατηρούμενο ποσοστό. Το 2015 η τιμή μειώθηκε στο 32,8%, δηλαδή 1,5 φορές χαμηλότερη από το 2013. Το ποσοστό αυτό είναι διπλάσιο από αυτό που καταλάμβανε το 2001. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι μέσα σε 9 χρόνια έχει τουλάχιστον διπλασιαστεί το κόστος της επιχείρησης για καύσιμα, αλλά η τιμή αυτή φαίνεται να παρουσιάζει μια καθοδική τάση σήμερα λόγω της μείωσης της τιμής του πετρελαίου. Παρόλα αυτά αποδεικνύεται η εξάρτηση του τομέα της αλιείας από τη τιμή του πετρελαίου.

Υπολογίστηκε, η ένταση χρήσης καυσίμων και η επίδραση της τιμής πώλησης. Η ένταση χρήσης καυσίμων ορίστηκε ως την ποσότητα καταναλωμένου diesel από πετρέλαιο ως προς την ποσότητα αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν. Η επίδραση της τιμής πώλησης ορίστηκε ως η ποσότητα καταλαμβανόμενου diesel από πετρέλαιο προς την αξία των αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν. Η τιμή της έντασης χρήσης καυσίμου κυμαίνεται από 1 έως 3. Στην πλειοψηφία της η ένταση χρήσης καυσίμου ισούται με 2, δηλαδή για την εκφόρτωση 1tn αλιευμάτων απαιτούνται 2tn diesel από πετρέλαιο. Το 2003, 2007 και το 2008 η αναλογία πετρελαίου-αλιευμάτων έφτασε 3:1. Αντίθετα, τα τελευταία χρόνια η αναλογία έχει σταθεροποιηθεί στο 1:1. Η μείωση της παραμέτρου πιθανόν να οφείλεται του απαιτούμενου diesel από πετρέλαιο και στην αύξηση των αλιευμάτων που αλιεύονται σε ετήσια βάση. Όπως προαναφέρθηκε και παρουσιάζεται στο Γράφημα 2 οι ποσότητες των αλιευμάτων που εκφορτώνονται ανά έτος εμφανίζουν μια σχετική αύξηση. Αντίθετα, η μείωση των καυσίμων χρήσης πιθανόν να οφείλονται σε ορθή διαχείριση της λειτουργία του σκάφους από το πλήρωμα και μείωση των απωλειών ενέργειας, λόγω συντήρησης και σωστής ρύθμισης του κινητήρα. Η επίδραση της τιμής πώλησης κυμαίνεται από 414,4 έως 906,1 L/1.000€. Η παράμετρος αυτή παρόλο που εμφανίζει διακυμάνσεις, η γραμμή τάσης της είναι σχεδόν σταθερή με την πάροδο των χρόνων. Παρατηρείται ότι παρόλο που η επίδραση χρήσης καυσίμου από το 2013 έως και το 2015 έχει σταθεροποιηθεί στο 1:1, η επίδραση της τιμής πώλησης εμφανίζεται σχετικά αυξημένη. Συμπεραίνεται ότι, παρόλο που η ποσότητα αλιευμάτων που εκφορτώνονται αυξάνεται η εμπορική τους αξία είναι μειωμένη (Γράφημα 1 και Γράφημα 2).

Το κόστος ενέργειας εξαρτάται απόλυτα από τη τιμή diesel από πετρέλαιο. Η τιμή της παραμέτρου κυμαίνεται από 0,04 έως 0,18 €/kWh. Η ελάχιστη τιμή ανά kWh παρατηρείται το 2001, ενώ η μέγιστη το 2012. Το 2015 το κόστος ενέργειας έχει μειωθεί σε σχέση με τη τιμή του τα τελευταία χρόνια που είχε σταθεροποιηθεί σε υψηλές τιμές. Η διακύμανση του κόστους ενέργειας ανά kWh ακολουθεί μια ομοιόμορφη τάση με αυτή της τιμής πώλησης του diesel από πετρέλαιο στο λιμάνι της Σενεγάλης (Γράφημα 3). Η μέση τιμή της ενέργειας που παράγεται από την καύση diesel από πετρέλαιο ισούται με 0,10 €/kWh.

Υπολογίστηκαν οι εκπομπές του αλιευτικού σε ετήσια βάση που προκύπτουν από το μοντέλο του κινητήρα του. Πιο συγκεκριμένα προκύπτουν από τις kWh που χρησιμοποιούνται ανά ημέρα και το σύνολο των ημερών που αλιεύει το σκάφος ανά έτος. Ο μέσος όρος του CO₂, του SO_x και του NO_x που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ανά έτος από το αλιευτικό, ισούται με 2.185,6 tn/y, 37,0 tn/y και 33,3 tn/y αντίστοιχα. Επιπλέον, σημειώνεται ότι ο μέσος όρος των εκπομπών του N₂, O₂, υδρατμοί και αδρανή αέρια αγγίζουν τους 18.336,9 tn/y, 3.574,8 tn/y, 1.166,9 tn/y και 277,8 tn/y αντίστοιχα. Εν συνέχεια, το απελευθερωμένο CO, HC, αιθάλη, τέφρα

και υγρή τέφρα ισούται κατά μέσο όρο με 2,2 tn/y, 0,093 tn/y, 1,111 tn/y και 0,074 tn/y αντίστοιχα.

Το ανθρακικό αποτύπωμα του καραβιού, ορίστηκε ως η ποσότητα CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ως προς τα αλιεύματα που εκφορτώθηκαν σε ετήσια βάση. Το ανθρακικό αποτύπωμα του αλιευτικού ακολουθεί μια τάση μείωσης με την πάροδο των χρόνων. Άγγιξε το μέγιστο το 2007 με τιμή 9,5 (tn CO₂/tn αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν) και μετά το 2007 ξεκίνησε να μειώνεται. Τα τελευταία δύο χρόνια έχει σταθεροποιηθεί στους 3,4 (tn CO₂/tn αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν), η τιμή αυτή είναι και η ελάχιστη παρατηρούμενη μέτρηση. Η μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος δηλώνει τη συνεχόμενη βελτίωση του τρόπου λειτουργίας του αλιευτικού με την πάροδο των χρόνων. Το αλιευτικό λειτουργεί αποδοτικότερα αλιεύοντας μεγαλύτερες ποσότητες, απελευθερώνοντας μικρότερες ποσότητες CO₂. Η μείωση των εκπομπών πιθανόν να οφείλεται στην αύξηση των αλιευόμενων ειδών ανά ναυτικό μίλι διάσχισης του αλιευτικού (Γράφημα 2). Συγκριτικά με την τιμή βιβλιογραφικών πηγών το ανθρακικό αποτύπωμα του 2015 είναι χαμηλότερο, καθώς η αντίστοιχη τιμή σε αλιευτικό με συρόμενα εργαλεία είναι 4,48 (tn CO₂/tn αλιευμάτων που εκφορτώθηκαν) [Basurko et al., 2013].

Ο έλεγχος ενεργειακών αναγκών στο αλιευτικό μια τυπική ημέρα αλιείας οδήγησε στον καθορισμό του συνολικού ενεργειακού φορτίου και την εύρεση των επιμέρους τμημάτων από τον οποίο αποτελείται. Αρχικά, οι ενεργειακές ανάγκες κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις βασικές κατηγορίες, κύρια μηχανή, κίνηση του βαρούλκου και ηλεκτρογεννήτρια. Υπολογίστηκε το συνολικό ενεργειακό φορτίο του αλιευτικού για μια ημέρα αλιείας ισούται με 12.877,5 kWh. Αναλυτικότερα, η κύρια μηχανή, το βαρούλκο για τα δίκτυα και η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στο αλιευτικό αντιστοιχεί στο 84%, το 4% και το 12% αντίστοιχα του συνολικού απαιτούμενου φορτίου. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της καταλαμβανόμενης ενέργειας αντιστοιχεί στη λειτουργία της προπέλας του αλιευτικού για την κίνηση του σκάφους. Το ηλεκτρικό φορτίο κατανέμεται σε επτά υποκατηγορίες ανάλογα με τις ανάγκες που καλύπτει, φωτισμός, εξοπλισμός κουζίνας, ζεστό νερό, γλυκό νερό, ψύξη, αερισμός και εξοπλισμός γέφυρας. Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται σε ημερήσια βάση ισούται με 1.567,4 kWh. Η ανάγκη για φωτισμό, εξοπλισμό κουζίνας, ζεστό νερό, γλυκό νερό, ψύξη, αερισμό και εξοπλισμό γέφυρας καταλαμβάνει το 3%, 4%, 2%, 6%, 60%, 19% και 5% αντίστοιχα της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στο αλιευτικό σε ημερήσια βάση, αντιστοιχεί στους θαλάμους βαθιάς ψύξης που λειτουργούν όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Αλιευτικό με συρόμενα εργαλεία που ερευνήθηκε σε διεθνές επίπεδο, προέκυψε ότι το 84,3% της συνολικής ενέργειας αντιστοιχεί στην κύρια μηχανή και το υπόλοιπο 15,7% σε ηλεκτρική ενέργεια [Basurko et al., 2013]. Το ποσοστό που αντιστοιχεί στην κύρια μηχανή είναι όμοιο με του αλιευτικού που ερευνήθηκε στην συγκεκριμένη περίπτωση. Επιπλέον, σε παρόμοιες έρευνες αλιευτικού με τράτα βυθού η κατανομή της ενέργειας διαχωρίζεται σε τρεις κατηγορίες, την κύρια μηχανή, τον μοτέρ του βαρούλκου και της ηλεκτρογεννήτριας, που ισούται με 76%, 14% και 10% αντίστοιχα [Thomas et al., 2009]. Τα ποσοστά διαφέρουν συγκριτικά με το αλιευτικό στο οποίο πραγματοποιήθηκε ενεργειακός έλεγχος. Το πρότυπο αλιευτικό που διερευνήθηκε παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό για ηλεκτρική ενέργεια και μικρότερο για την κίνηση του βαρούλκου, καθώς χρησιμοποιεί θάλαμους βαθιάς ψύξης και τα ταξίδια του έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια, σε σχέση με το αναφερόμενο στη βιβλιογραφία. Η κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας σε αλιευτικά με τράτα βυθού που δεν χρησιμοποιούν θάλαμο βαθιάς κατάψυξης διαφέρει σημαντικά, σε σχέση με αλιευτικά που καταψύχουν το αλίευμα πάνω στο σκάφος.

Στο πρώτο σενάριο ερευνήθηκε η προσαρμογή Φ/Β πλαισίων στην επιφάνεια του αλιευτικού. Επιλέχθηκαν δύο τύποι Φ/Β πλαισίων για διερεύνηση, το LG 315W Φ/Β σταθερό πλαίσιο για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης συνολικής ηλεκτρικής ισχύς στο σύστημα και το Suntech 215W Φ/Β πλαίσιο με το ελάχιστο κόστος συστήματος. Αξίζει να σημειωθεί, ότι το είδος του Φ/Β πλαισίου της εταιρείας Suntech είναι πολυκρυσταλλικό και έχει χαμηλότερο κόστος και χαμηλότερη απόδοση, ενώ της εταιρείας LG είναι μονοκρυσταλλικό και έχει υψηλότερο κόστος και υψηλότερη απόδοση. Κατόπιν, ελέγχτηκε η πλήρης κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου του αλιευτικού από Φ/Β πλαίσια των δύο διαφορετικών μοντέλων.

Αρχικά, με τη χρήση Φ/Β πλαισίων της εταιρείας LG συνολικής ισχύς 10,40 kW και συνολικό κόστος πλαισίων 12.557,5 €, επιτυγχάνεται ένα ημερήσιο ποσοστό κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών που κυμαίνεται από 3,3% έως και 4,8% ανάλογα με τον μήνα. Η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται είναι 22.973,4 kWh, δηλαδή το 4% της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέγιστη παραγωγή της περιοχής παρουσιάζεται τον Απρίλιο και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει τις 74,9 kWh ανά ημέρα. Αντίστοιχα, η ελάχιστη παραγωγή της περιοχής παρουσιάζεται το Δεκέμβριο και η ημερήσια παραγόμενη ενέργεια ισούται με 52,2 kWh. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,027 €. Η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x υπολογίζονται σε 13,6 tn, 0,2 tn και 0,2 tn αντίστοιχα ανά έτος.

Για την πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από Φ/Β πλαίσια της εταιρείας LG υπολογίστηκε ότι απαιτείται σύστημα 259 kW. Το σύστημα αυτό θα αποτελείται από 823 Φ/Β πλαίσια, συνολικού κόστους 313.151,5 €. Για την τοποθέτηση του συστήματος απαιτείται δέσμευση ενός χώρου περίπου ίσου με 1,5 στρέμμα. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα Φ/Β πλαίσια αγγίζει 572.125,8 kWh και το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,027 €. Η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x υπολογίζονται σε 337,6 tn, 5,1 tn και 5,7 tn αντίστοιχα ανά έτος.

Εναλλακτικά, με τη χρήση Φ/Β πλαισίων της εταιρείας Suntech συνολικής ισχύος 6,45 kW και συνολικό κόστος πλαισίων 5.177 €, επιτυγχάνεται ένα ημερήσιο ποσοστό κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών που κυμαίνεται από 2,3% έως και 3,3% ανάλογα με τον μήνα. Η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται είναι 15.683,8 kWh, δηλαδή το 2,7% της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέγιστη παραγωγή της περιοχής παρουσιάζεται τον Απρίλιο και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει τις 51,1 kWh ανά ημέρα. Αντίστοιχα, η ελάχιστη παραγωγή της περιοχής παρουσιάζεται τον Δεκέμβριο και η ημερήσια παραγόμενη ενέργεια ισούται με 35,6 kWh. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,018 €. Η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x υπολογίζονται σε 9,3 tn, 0,1 tn και 0,2 tn αντίστοιχα ανά έτος.

Για την πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από Φ/Β πλαίσια της εταιρείας Suntech υπολογίστηκε ότι απαιτείται σύστημα 259 kW. Το σύστημα αυτό θα αποτελείται από 1.205 Φ/Β πλαίσια, συνολικού κόστους 207.983 €. Για την τοποθέτηση του συστήματος απαιτείται δέσμευση ενός χώρου περίπου ίσου με 2 στρέμματα. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα Φ/Β πλαίσια αγγίζει 572.125,8 kWh και το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του συστήματος υπολογίστηκε στα 0,018 €. Η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x υπολογίζονται σε 337,6 tn, 5,1 tn και 5,7 tn αντίστοιχα ανά έτος.

Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για το χρόνο ζωής του συστήματος και για τα δύο είδη Φ/Β πλαίσιο είναι αποδεκτό, καθώς η τιμή ανά kWh είναι χαμηλότερη από αυτή που προκύπτει από την κατανάλωση πετρελαίου. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενο από την καύση diesel από πετρελαίο κυμαίνεται από 0,04 € έως 0,18 €. Η μέση τιμή της kWh που υπολογίζεται με την πάροδο των χρόνων ισούται με 0,10€. Δηλαδή το κόστος ανά kWh είναι υψηλότερο κατά 0,073€ από το σύστημα του μοντέλου LG και 0,082€ από το σύστημα του μοντέλου Suntech. Συγκρίθηκε η εφαρμογή Φ/Β πλαισίων δύο διαφορετικών μοντέλων στην ίδια επιφάνεια. Το σύστημα με τη χρήση LG μοντέλων Φ/Β πλαισίων

έχει 38% μεγαλύτερη ηλεκτρική ισχύ, εφαρμοσμένο στην ίδια επιφάνεια και επιτυγχάνει κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών κατά 4%, σε αντίθεση με το σύστημα που χρησιμοποιεί Φ/Β πλαίσια της εταιρείας Suntech που ισούται με 2,7% ετήσια. Το κόστος του συστήματος LG είναι υψηλότερο κατά περίπου 7.500€ και αντιστοιχεί σε 1,3% περισσότερη κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος. Το κόστος ανά kWh για το χρόνο ζωής του συστήματος διαφέρει κατά 0,009€. Η μείωση των εκπομπών του συστήματος με τα Φ/Β πλαίσια της εταιρείας LG είναι 31,6% μεγαλύτερη για τις εκπομπές CO₂ και 50% για NO_x σε σχέση με τις εταιρείες Suntech. Η μείωση των εκπομπών SO_x των δύο συστημάτων είναι όμοιες.

Για την πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου του αλιευτικού από Φ/Β πλαίσια της εταιρείας LG και Suntech απαιτείται εγκατάσταση συστήματος ηλεκτρικής κάλυψης 259kW. Για την επίτευξη αυτής της ηλεκτρικής ισχύος απαιτείται δέσμευση μισού στρέμματος παραπάνω για τη χρήση Φ/Β πλαισίων Suntech, καθώς για την κάλυψη αυτής της ισχύος χρειάζεται να τοποθετηθούν 382 Φ/Β πλαίσια παραπάνω σε σχέση με το σύστημα με χρήση πλαισίων της εταιρείας LG. Το κόστος των πλαισίων για την πλήρη κάλυψη της εταιρείας LG είναι κατά 59% υψηλότερο, δηλαδή 105.168,5€ περισσότερο από το συνολικό κόστος των πλαισίων της εταιρείας Suntech. Η μείωση των εκπομπών και των δύο συστημάτων είναι όμοια. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος και για τα δύο είδη Φ/Β πλαίσιο είναι αποδεκτό, καθώς η τιμή ανά kWh είναι χαμηλότερη από αυτή που προκύπτει από την κατανάλωση πετρελαίου. Η επιλογή του μοντέλου Φ/Β πλαισίου θα εξαρτηθεί από την αξία του εδάφους, το διαθέσιμο κεφάλαιο και τον περιορισμό στο χώρο.

Το δεύτερο ενδεχόμενο που διερευνήθηκε ήταν η δυνατότητα τοποθέτησης μικρών ανεμογεννητριών στο αλιευτικό. Επιλέχθηκαν τέσσερα ξεχωριστά είδη μικρών Α/Γ να ερευνηθούν, τρία εκ των οποίων είναι οριζόντιου άξονα και ένα κατακόρυφου άξονα. Η Α/Γ κατακόρυφου άξονα είχε πολύ μικρότερη απόδοση από αυτές του οριζόντιου άξονα. Λόγω περιορισμού χώρου στην επιφάνεια του αλιευτικού ο αριθμός τοποθέτησης τους περιορίστηκε στις πέντε μικρές Α/Γ. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με το μοντέλο μικρής Α/Γ κυμαινόταν από 3.022 kWh έως 6.347 kWh. Δηλαδή το ετήσιο ποσοστό κάλυψης του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου κυμαινόταν από 0,53% έως 1,11%. Το ποσοστό κάλυψης του ηλεκτρικού φορτίου με την χρήση μικρών Α/Γ είναι ιδιαίτερα χαμηλό και για την επίτευξη ενός ποσοστού 1,11% απαιτείται κεφάλαιο ίσο με 7.690,3 €. Το κόστος ανά kWh για το χρόνο ζωής του συστήματος ανάλογα με το είδος της Α/Γ κυμαίνεται από 0,04€ έως και 0,12€. Το κόστος ανά kWh της μικρής Α/Γ κατακόρυφου άξονα υπολογίζεται στα 0,12€ κόστος μεγαλύτερο από το μέσο όρο της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από την κατανάλωση diesel από πετρέλαιο. Το κόστος ανά kWh που προκύπτει από μικρές Α/Γ οριζόντιου άξονα είναι χαμηλότερο από το κόστος της μέσης τιμής ηλεκτρικής ενέργειας που

προκύπτει από την κατανάλωση diesel από πετρέλαιο, επομένως είναι αποδεκτό. Η μείωση των εκπομπών του συστήματος των μικρών Α/Γ διαφέρει ανάλογα με το μοντέλο που επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί. Η μείωση των εκπομπών CO₂ κυμαίνεται από 1,8tn έως 3,7tn το χρόνο. Αντίστοιχα, οι εκπομπές NO_x και SO_x ελαττώθηκαν κατά 0,03tn έως 0,06tn ανά έτος.

Για την πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από μικρές Α/Γ υπολογίστηκε ότι απαιτείται σύστημα 259 kW. Το σύστημα αυτό θα αποτελείται ανάλογα με την επιλογή του μοντέλου των μικρών Α/Γ από 451 ή 545 τεμάχια για Α/Γ οριζόντιου άξονα και 946 για κατακόρυφου άξονα. Το συνολικό κόστος του συστήματος κυμαίνεται από 550.000€ έως 700.000€ για Α/Γ οριζόντιου άξονα, αντίστοιχα για Α/Γ κατακόρυφου άξονα υψώνεται στα 1.338.465€. Για την τοποθέτηση του συστήματος απαιτείται δέσμευση ενός χώρου από μισό μέχρι περίπου ένα στρέμματα, ανάλογα με την απόδοση του επιλεγόμενου μοντέλου. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις μικρές Α/Γ αγγίζει 572.125,8 kWh. Το κόστος ανά kWh για τον χρόνο ζωής του συστήματος ανάλογα με το είδος της Α/Γ κυμαίνεται από 0,04€ έως και 0,12€. Η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x υπολογίζονται σε 337,6 tn, 5,1 tn και 5,7 tn αντίστοιχα το ανά έτος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλήρης κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από μικρές Α/Γ απαιτεί τη δέσμευση πολύ μικρότερου χώρου, αλλά και πολύ μεγαλύτερου κεφαλαίου σε σχέση με τα Φ/Β πλαίσια. Η μείωση των εκπομπών CO₂, NO_x και SO_x είναι όμοια και στις δύο περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου από μικρές Α/Γ χρειάζεται κατά ελάχιστο μισό στρέμμα, ενώ τα Φ/Β πλαίσια παρατηρείται ότι κατά ελάχιστο καταλαμβάνουν 1,5 στρέμματα για τη τοποθέτηση τους. Επιπλέον, το κόστος του συστήματος των Φ/Β πλαισίων για την πλήρη κάλυψη απαιτεί κατά ελάχιστο κεφάλαιο ίσο με 207.983 €, ενώ οι μικρές Α/Γ αγγίζουν τις 550.047 € κατά ελάχιστο. Δηλαδή οι μικρές Α/Γ δεσμεύουν τρεις φορές λιγότερο έδαφος για την τοποθέτηση τους, το κεφάλαιο επένδυσης είναι περίπου 60% υψηλότερο και συνεπώς το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο από τα Φ/Β πλαίσια.

Το επόμενο ενδεχόμενο που ερευνήθηκε ήταν η κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του αλιευτικού από ένα υβριδικό σύστημα. Εξετάστηκαν δύο ξεχωριστά υβριδικά συστήματα που αποτελούνταν από το ίδιο μοντέλο μικρών ανεμογεννητριών, αλλά από διαφορετικό μοντέλο Φ/Β πλαισίων. Το ένα υβριδικό σύστημα σχεδιάστηκε με το μοντέλο φωτοβολταϊκού Φ/Β πλαισίου της εταιρείας LG και το άλλο με το μοντέλο της εταιρείας Suntech. Το μοντέλο της μικρής Α/Γ που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί και στα δύο συστήματα είναι το AIR X Wind Α/Γ 48V. Η αξίζει να σημειωθεί ότι η επιλογή αυτή βασίστηκε στην τάση του συγκεκριμένου μοντέλου, καθώς τα μοντέλα των Φ/Β συστημάτων έχουν 48V τάση.

Το υβριδικό σύστημα που χρησιμοποιεί τα Φ/Β πλαίσια της εταιρείας LG παράγει ετησίως 28.229,4 kWh, δηλαδή επιτυγχάνει κάλυψη 4,3% του συνολικού ηλεκτρικού φορτίου. Το συνολικό κόστος του συστήματος είναι 17.601,8€ και το κόστος του ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του υπολογίστηκε στα 0,031 €. Η μείωση των εκπομπών CO₂, NO_x και SO_x ισούται με 16,7tn, 0,3tn και 0,3tn ανά έτος. Αντίστοιχα, το υβριδικό σύστημα που χρησιμοποιεί τα Φ/Β πλαίσια της εταιρείας Suntech παράγει ετησίως 20.939,8 kWh, δηλαδή επιτυγχάνει κάλυψη 3,7% του συνολικού ηλεκτρικού φορτίου. Το συνολικό κόστος του συστήματος είναι 10.738,9€ και το κόστος του ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του υπολογίστηκε στα 0,026 €. Η μείωση των εκπομπών CO₂, NO_x και SO_x ισούται με 12,4tn, 0,2tn και 0,2tn ανά έτος. Συγκρίνοντας, τα δύο συστήματα παρατηρείται ότι το πρώτο αποδίδει 0,6% μεγαλύτερη ετήσια κάλυψη με ένα επιπλέον κόστος περίπου ίσο με 7.000€. Το υψηλότερο κόστος επένδυσης εγκατάστασης οδηγεί σε υψηλότερη τιμή ανά kWh για το πρώτο σύστημα κατά 0,005€. Το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας των δύο υβριδικών συστημάτων είναι χαμηλότερο από το κόστος ανά kWh παραγόμενη από καύση diesel από πετρέλαιο, επομένως η τιμή και των δύο είναι αποδεκτή. Το υβριδικό σύστημα με τα Φ/Β πλαίσια της εταιρείας LG επιτυγχάνει μείωση των εκπομπών του CO₂, NO_x και SO_x κατά 25%, 33% και 33% επιπλέον από το υβριδικό σύστημα με τα Φ/Β πλαίσια της εταιρείας Suntech.

Στο δεύτερο σενάριο που διερευνήθηκε η αντικατάσταση των καυσίμων του αλιευτικού από βιοντίζελ jatropha παραγόμενο στην περιοχή αλιείας του. Το πλεονέκτημα της παραγωγής του βιοντίζελ κοντά στην περιοχή αξιοποίησης του, οδηγεί στην μείωση των επιπλέον εκπομπών λόγω μεταφοράς του καυσίμου. Η απόδοση του εναλλακτικού καυσίμου βιοντίζελ jatropha σε σχέση με το diesel από πετρέλαιο ισούται με 95%. Η απόδοση του συγκεκριμένου είδους βιοντίζελ είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς το μέσο όρο των βιοντίζελ παρουσιάζουν απόδοση 91% σε σχέση με το πετρέλαιο. Το πλεονέκτημα του βιοντίζελ είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε κινητήρα diesel, χωρίς μετασχηματισμούς στο σύστημα. Η παραγωγικότητα του βιοντίζελ jatropha ανά εκτάριο ισούται κατά ελάχιστο με 5.000 tn/ha και κατά μέγιστο 12.000 tn/ha. Η αποδοτικότητα του βιοντίζελ jatropha ανά εκτάριο ισούται κατά ελάχιστο 1.650 L/ha και κατά μέγιστο 3.700 L/ha.

Οι εκπομπές από την καύση βιοντίζελ jatropha διαφέρουν ανάλογα με το ποσοστό χρήσης του στα καύσιμα. Το ποσοστό ανίχνευσης CO₂, O₂ και CO στις εκπομπές κατά την καύση καθαρού βιοντίζελ συγκριτικά με το diesel από πετρέλαιο είναι πολύ πιο ήπιες προς το περιβάλλον και είναι ίσες με 1,3%, 17,6% και 0% αντίστοιχα σε σχέση με το πετρέλαιο που ανιχνεύονται σε ποσοστό 9, 5 και 1. Επιπλέον, η χρήση καυσίμου αποτελούμενου από βιοντίζελ jatropha και diesel από πετρέλαιο κατά 50% αναλογία, εμφανίζονται ηπιότερες εκπομπές από αυτές κατά την καύση πετρελαίου, αλλά ταυτόχρονα η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι

μεγαλύτερη σε σχέση με την καύση καθαρού βιοντίζελ jatropha. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση του CO₂ και CO στα απαέρια κατά την χρήση βιοντίζελ jatropha σε αναλογία 100% σε σχέση με του diesel από πετρέλαιο ισούται με 85,2% και 100% αντίστοιχα. Επιπλέον, η μείωση του CO₂ και CO στις εκπομπές κατά την καύση μίγματος βιοντίζελ jatropha και diesel από πετρέλαιο σε αναλογία 50% το καθένα, σε σχέση με του diesel από πετρέλαιο ισούται με 44,4% και 0% αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το βιοντίζελ jatropha εμφανίζει μηδενικές εκπομπές SO_x.

Συγκρίθηκαν οι εκπομπές από την κατανάλωση βιοντίζελ jatropha ανάμικτο με πετρέλαιο σε διάφορες αναλογίες σε σχέση με τις εκπομπές καύσης πετρελαίου. Τα μίγματα βιοντίζελ jatropha και πετρελαίου που συγκρίθηκαν ήταν σε αναλογίες 20%, 40%, 60%, 80% και 100% ποσοστό βιοντίζελ. Παρατηρείται αύξηση των εκπομπών NO_x κατά τη χρήση βιοντίζελ συγκριτικά με το πετρέλαιο. Το μικρότερο ποσοστό εμφάνισης NO_x στις εκπομπές εντοπίστηκε κατά την αναλογία καυσίμου 20% βιοντίζελ, ενώ το μεγαλύτερο εντοπίστηκε στο καύσιμο με ποσοστό 80% βιοντίζελ. Επιπρόσθετα, η μικρότερη ανίχνευση HC στα απαέρια εμφανίστηκε κατά την καύση βιοντίζελ σε αναλογία 60% και πιο συγκεκριμένα μειώθηκε κατά 92,3%. Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα μίγματα εμφάνισαν υψηλή μείωση HC στις εκπομπές. Κατά την καύση βιοντίζελ jatropha σε όλες τις αναλογίες μίξης του με πετρέλαιο, μειώνεται η εμφάνιση καπνού σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80%.

Θεωρώντας ως τιμή ενός L βιοντίζελ jatropha στα 0,88€, τότε το κόστος της κάθε kWh προερχόμενο εξολοκλήρου από βιοντίζελ jatropha υπολογίζεται στα 0,166€/kWh. Το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενο από την κατανάλωση βιοντίζελ jatropha είναι υψηλότερο από το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενο από την καύση diesel από πετρέλαιο. Το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση diesel από πετρέλαιο κυμαίνεται από 0,04 € έως 0,18 €, ενώ η μέση τιμή της kWh που υπολογίζεται με την πάροδο των χρόνων ισούται με 0,10€.

Η παρούσα έρευνα μπορεί να ενισχυθεί και να βελτιωθεί, ερευνώντας τρόπους μείωσης του υπάρχοντος καταλαμβανόμενου ηλεκτρικού φορτίου του αλιευτικού. Πραγματοποιώντας, έρευνα για τον εντοπισμό των απωλειών ενέργειας του αλιευτικού και περιορίζοντας τις θα επιτυγχανόταν μείωση του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου. Ένας τρόπος μείωσης των ημερήσιων ηλεκτρικών αναγκών του σκάφους, είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων του εσωτερικού χώρου του σκάφους από λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας LED και η τοποθέτηση αυτοματισμών στους εσωτερικούς χώρους για την εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό. Επιπλέον, η διερεύνηση βελτίωσης του εξοπλισμού αλιείας, με στόχο την μείωση των τριβών της τράτας βυθού για την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας. Ακόμη, θα μπορούσε να βελτιωθεί η έρευνα παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. πάνω στο αλιευτικό με τη δημιουργία πρόσθετων επιφανειών και τον έλεγχο της

στατικότητα του σκάφους. Τέλος, αξιολόγηση της δυνατότητας παραγωγής του ενεργειακού φορτίου του αλιευτικού από Α.Π.Ε. στην στεριά και την αποθήκευση του σε μορφή υδρογόνου για απευθείας χρήση ως κύριο καύσιμο του σκάφους.

6 Συμπεράσματα

Η αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενεργειακής αυτονομίας αλιευτικών σκαφών, πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένο τύπο αλιευτικών. Για την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων και την εκπόνηση της συγκεκριμένης έρευνας επιλέχθηκε ένα αλιευτικό ως πρότυπο. Το αλιευτικό που επιλέχθηκε να ερευνηθεί και να αξιολογηθεί η βιωσιμότητα ενεργειακής αυτονομίας του, αλιεύει με συρόμενα εργαλεία (τράτα βυθού) στον Ατλαντικό ωκεανό. Το κάθε ταξίδι του αλιευτικού διαρκεί περίπου ενάμιση μήνα, εκ των οποίων αλιεύει 24h την ημέρα. Το αλιευτικό περιέχει θαλάμους βαθιάς κατάψυξης για την συντήρηση των αλιευμάτων. Επομένως, είναι απαραίτητα μεγάλα ενεργειακά φορτία για την ορθή λειτουργία του πλοίου που προέρχονται εξολοκλήρου από την κατανάλωση diesel από πετρέλαιο.

Ο έλεγχος ενεργειακών αναγκών στο αλιευτικό μια τυπική ημέρα αλιείας οδήγησε στον καθορισμό των ενεργειακών αναγκών, οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες, κύρια μηχανή, κίνηση του βαρούλκου και ηλεκτρογεννήτρια. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της καταλαμβανόμενης ενέργειας αντιστοιχεί στη λειτουργία της προπέλας του αλιευτικού για την κίνηση του σκάφους. Ακόμη, το ηλεκτρικό φορτίο κατανέμεται σε επτά υποκατηγορίες ανάλογα με τις ανάγκες που καλύπτει, φωτισμός, εξοπλισμός κουζίνας, ζεστό νερό, γλυκό νερό, ψύξη, αερισμός και εξοπλισμός γέφυρας. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στο αλιευτικό σε ημερήσια βάση, αντιστοιχεί στους θαλάμους βαθιάς ψύξης που λειτουργούν όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Με την συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων του αλιευτικού ορίστηκαν στατιστικοί παράμετροι και διερευνήθηκε η τάση τους. Αρχικά, η τιμή πώλησης των αλιευμάτων ανά kg, παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις με μια σχετική τάση μείωσης της τιμής με την πάροδο των χρόνων. Η παραγωγικότητα του αλιευτικού, δηλαδή η ποσότητα των αλιευμάτων που αλιεύονται προς τα ναυτικά μίλια που διασχίζει το πλοίο ανά έτος, παρουσιάζει γενικά αυξητική τάση. Επομένως, συμπεραίνεται ότι με την πάροδο των χρόνων το απόθεμα στην συγκεκριμένη αλιευτική ζώνη αυξάνεται. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη νομοθεσία που πιθανός να έχει εφαρμοστεί στην περιοχή για την προστασία του θαλάσσιου αποθέματος. Ακόμη αξίζει να σημειωθεί η αυστηρότητα των νόμων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αλιεία και έκδοση άδειας στα παράλια της δυτικής Αφρικής. Συνεπώς, ο αριθμός του αλιευτικού στόλου της περιοχής έχει μειωθεί και αυτό συνεπάγεται στην αύξηση των αλιευόμενων εμπορευμάτων ανά αλιευτικό. Επιπρόσθετα,

παρατηρείται ότι παρόλο που η ποσότητα αλιευμάτων που εκφορτώνονται αυξάνεται, η εμπορική τους αξία με την πάροδο των χρόνων μειώνεται.

Οι εκπομπές του αλιευτικού σε ετήσια βάση που προκύπτουν από το μοντέλο του κινητήρα του πλοίου. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος του CO₂, του SO_x και του NO_x που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ανά έτος από το αλιευτικό, ισούται με 2.185,6 tn/y, 37,0 tn/y και 33,3 tn/y αντίστοιχα. Το ανθρακικό αποτύπωμα του αλιευτικού ακολουθεί μια τάση μείωσης με την πάροδο των χρόνων. Παρατηρείται ότι με την πάροδο του χρόνου το αλιευτικό λειτουργεί αποδοτικότερα αλιεύοντας μεγαλύτερες ποσότητες και απελευθερώνοντας μικρότερες ποσότητες CO₂. Η μείωση των εκπομπών πιθανός να οφείλεται στην αύξηση των αλιευόμενων ειδών ανά ναυτικό μίλι διάσχισης του αλιευτικού.

Η μέση τιμή diesel από πετρέλαιο ανά L στο λιμάνι της Σενεγάλης παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Γενικά, η τιμή του πετρελαίου είναι ένα ασταθές μέγεθος που επηρεάζεται από πολιτικά και κρατικά συμφέροντα. Προσδιορίζοντας το ποσοστό των ακαθάριστων εσόδων που αντιστοιχεί στο κόστος των καυσίμων ανά έτος, που διακυμαίνεται από 15,4% έως και 50,9%, γίνεται κατανοητή η εξάρτηση αυτού του τομέα με το απρόβλεπτο μέγεθος που είναι το πετρέλαιο. Επιπλέον, το κόστος ενέργειας εξαρτάται απόλυτα από τη τιμή diesel από πετρέλαιο. Το κόστος ενέργειας του αλιευτικού κυμαίνεται από 0,04 έως 0,18 €/kWh.

Ερευνήθηκε η κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του αλιευτικού από ΑΠΕ, προσαρμοσμένες στις διαθέσιμες επιφάνειες του. Λόγω του πλήθους των εργασιών που λαμβάνουν χώρα στις επιφάνειες του αλιευτικού για την διαχείριση και την επεξεργασία των αλιευμάτων, υπάρχει περιορισμός διαθέσιμου χώρου για την τοποθέτηση συστημάτων Α.Π.Ε. Για τον λόγω αυτό η πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από Φ/Β πλαίσια, μικρές Α/Γ ή ενός υβριδικού συστήματος πάνω στο σκάφος δεν είναι εφικτή. Η κάλυψη που επιτυγχάνει το κάθε σύστημα είναι πολύ περιορισμένη.

Παρατηρείται ότι η εφαρμογή Φ/Β πλαισίων σε διαθέσιμες επιφάνειες του αλιευτικού, οδηγεί στην κάλυψη της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 4% και το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του συστήματος είναι αποδεκτή, καθώς η τιμή ανά kWh είναι χαμηλότερη από αυτή που προκύπτει από την κατανάλωση πετρελαίου. Η μείωση των αέριων εκπομπών από την εγκατάσταση του συστήματος, ως προς το CO₂, NO_x και SO_x υπολογίζονται σε 13,6 tn, 0,2 tn και 0,2 tn αντίστοιχα ανά έτος.

Ο περιορισμός χώρου στην επιφάνεια του αλιευτικού οδηγεί στον μειωμένο αριθμό τοποθετούμενων μικρών Α/Γ. Η ετήσιο ποσοστό κάλυψης του απαιτούμενο ηλεκτρικού φορτίου, που επιτυγχάνει το σύστημα των μικρών Α/Γ αγγίζει το 1,1%. Το ποσοστό κάλυψης του ηλεκτρικού φορτίου με την χρήση μικρών Α/Γ είναι

ιδιαίτερα χαμηλό και το κόστος ανά kWh που προκύπτει από μικρές Α/Γ οριζόντιου άξονα είναι χαμηλότερες από το κόστος της μέσης τιμής ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από την κατανάλωση diesel από πετρέλαιο, επομένως είναι αποδεκτό. Η μείωση των εκπομπών CO₂ ισούται με 3,7tn ανά έτος. Αντίστοιχα, οι εκπομπές NO_x και SO_x ελαττώθηκαν κατά 0,06tn ανά έτος.

Το υβριδικό σύστημα επιτυγχάνει κάλυψη 4,3% του συνολικού ηλεκτρικού φορτίου. Το κόστος του ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας για τον χρόνο ζωής του υπολογίστηκε στα 0,031 €. Το κόστος ανά kWh είναι χαμηλότερο από το κόστος της μέσης τιμής ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από την κατανάλωση diesel από πετρέλαιο, επομένως είναι αποδεκτό. Η μείωση των εκπομπών CO₂, NO_x και SO_x ισούται με 16,7tn, 0,3tn και 0,3tn ανά έτος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλήρη κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου από μικρές Α/Γ απαιτεί τη δέσμευση πολύ μικρότερου χώρου, αλλά και πολύ μεγαλύτερου κεφαλαίου σε σχέση με τα Φ/Β πλαίσια. Η μείωση των εκπομπών CO₂, NO_x και SO_x είναι όμοιες και στις δύο περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι μικρές Α/Γ δεσμεύουν τρεις φορές λιγότερο έδαφος για την τοποθέτησή τους, το κεφάλαιο επένδυσης είναι περίπου 60% υψηλότερο και συνεπώς το κόστος ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο από τα Φ/Β πλαίσια. Επίσης, η επιλογή του μοντέλου Φ/Β πλαισίου θα εξαρτηθεί από την αξία του εδάφους, το διαθέσιμο κεφάλαιο και τον περιορισμό χώρου. Η παραγωγή από την εγκατάσταση ενός συστήματος Α.Π.Ε. πάνω στις υπάρχουσες επιφάνειες του αλιευτικού, χωρίς τον εμποδισμό των εργασιών του και την δημιουργία πρόσθετων επιφανειών, δεν ξεπερνάει το 5% των συνολικών ηλεκτρικών αναγκών του πλοίου σε ετήσια βάση. Η επένδυση σε ένα σύστημα με στόχο την μερική αυτονομία σε ένα ποσοστό κάτω από 5% του συνολικού ηλεκτρικού φορτίου από Φ/Β πλαίσια, μικρές Α/Γ ή ενός υβριδικού συστήματος, είναι εφικτό και οδηγεί στην πλήρη απόσβεση μέσα στα χρόνια ζωής του συστήματος.

Διερευνήθηκε η αντικατάσταση των καυσίμων του αλιευτικού από βιοντίζελ jatropha παραγόμενο στην περιοχή αλιείας του, με στόχο την μείωση των εκπομπών λόγω μεταφοράς του καυσίμου. Η απόδοση του εναλλακτικού καυσίμου βιοντίζελ jatropha σε σχέση με το diesel από πετρέλαιο ισούται με 95%. Η παραγωγικότητα του βιοντίζελ jatropha ανά εκτάριο ισούται κατά ελάχιστο με 5.000 tn/ha και κατά μέγιστο 12.000 tn/ha. Η αποδοτικότητα του βιοντίζελ jatropha ανά εκτάριο ισούται κατά ελάχιστο 1.650 L/ha και κατά μέγιστο 3.700 L/ha. Οι εκπομπές από την καύση βιοντίζελ jatropha διαφέρουν ανάλογα με το ποσοστό χρήσης του στα καύσιμα. Το ποσοστό ανίχνευσης CO₂, O₂ και CO στις εκπομπές κατά την καύση καθαρού βιοντίζελ συγκριτικά με το diesel από πετρέλαιο είναι πολύ πιο ήπιες προς το περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση του CO₂ και CO στα απαέρια κατά την χρήση βιοντίζελ jatropha σε αναλογία 100% σε σχέση με το diesel από πετρέλαιο

ισούνται με 85,2% και 100% αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το βιοντίζελ *jatropha* εμφανίζει μηδενικές εκπομπές SO_x. Λόγω έλλειψης της ακριβής τιμής του βιοντίζελ *jatropha* της περιοχής της Σενεγάλης, δεν είναι δυνατή η ακριβής σύγκριση της τιμής του με το diesel από πετρέλαιο. Συγκρίνοντας την τιμή του βιοντίζελ *jatropha* που παράγεται σε άλλες περιοχές της Αφρικής με το κόστος κατανάλωσης diesel από πετρέλαιο, συμπεραίνεται ότι η τιμή του βιοντίζελ είναι υψηλότερη.

Με την εφαρμογή κινήτρων από τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα της αλιείας για την ενίσχυση επενδύσεων με στόχο την μείωση του ενεργειακού φορτίου και την κάλυψη ενός μέρους του από ΑΠΕ, θα βελτιωνόταν η κινητικότητα των επιχειρήσεων προς την μερικής ενεργειακή αυτονομία των αλιευτικών σκαφών. Τα κίνητρα αυτά θα μπορούσαν να εμφανίζονται με μορφή μειωμένης φορολογίας προς επιχειρήσεις που είναι φιλικές προς το περιβάλλον, είτε μέσω μείωσης των εξόδων των πλοίων για στάθμευση στα λιμάνια με παραχώρηση ειδικών προνομίων σε αλιευτικά που εμφανίζουν μειωμένες εκπομπές. Η μείωση της εξάρτησης του πετρελαίου με τον τομέα της αλιείας είναι θετικό και για τις επιχειρήσεις που ασχολούνται με την αλιεία, αλλά και ταυτόχρονα για το περιβάλλον, την κοινωνία και την ίδια την Ευρωπαϊκή Ένωση που εξαρτάται ενεργειακά από άλλες χώρες του κόσμου.

Η παρούσα έρευνα μπορεί να ενισχυθεί και να βελτιωθεί, ερευνώντας τρόπους μείωσης του υπάρχοντος καταλαμβανόμενου ηλεκτρικού φορτίου του αλιευτικού. Επιπλέον, είναι δυνατή η διερεύνηση βελτίωσης του εξοπλισμού αλιείας, με στόχο την μείωση των τριβών της τράτας βυθού για την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας. Ακόμη, θα μπορούσε να βελτιωθεί η έρευνα παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. πάνω στο αλιευτικό με τη δημιουργία πρόσθετων επιφανειών και τον έλεγχο της στατικότητας του σκάφους. Τέλος, προτείνεται η διεξαγωγή έρευνας για την αξιολόγηση της δυνατότητας παραγωγής του ενεργειακού φορτίου του αλιευτικού από Α.Π.Ε. στην στεριά και την αποθήκευση του σε μορφή υδρογόνου για απευθείας χρήση ως κύριο καύσιμο του σκάφους.

7 Βιβλιογραφία

Βιβλία:

Τσούτσος Θ., Κανάκης Ι., 2011, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Τεχνολογίες και Περιβάλλον, Παπασωτηρίου

Άρθρα από περιοδικά:

Achten WMJ, Verchot L, Franken YJ, Mathijs E, Singh VP, Aerts R, Muys B, 2008, *Jatropha*

bio-diesel production and use, *Biomass and Bioenergy* , 32(12), 1063-1084

Akbar Ziauddin*, Dharani Kumar Ka, Prasenjit Mondala, 2014, Study on Emission Index of *Jatropha* Based Bio Diesel, *INTERNATIONAL JOURNAL ON OCCUPATIONAL HEALTH & SAFETY, FIRE & ENVIRONMENT – ALLIED SCIENCE*, VOL. 1 ISSUE 1, 14-16

Anna Cheilari , Jordi Guillen, Dimitrios Damalas, Thomas Barbas, 2012, Effects of the fuel price crisis on the energy efficiency and the economic performance of the European Union fishing fleets, *Marine Policy*, 40, 18-24

Anne Plat McGinn, *Rocking the Boat: Conserving Fisheries and Protecting Jobs*, Worldwatch paper #142, June 1998

David Sterling and Laurie Goldsworthy, 2006, Energy Efficient Fishing: A 2006 review, PART A-Alternative fuels and efficient engines, Australian Government, Fisheries Research and Development Corporation ,Project No. 2005/239, 1-49

Donald Mitchell, 2008, Biofuels in Africa Opportunities, Prospects, and Challenges, THE WORLD BANK

G. Thomas, D. O'Doherty, D. Sterling, C. Chin, 2010, Energy audit of fishing vessels, *Journal of engineering for the maritime environment*, 224, 87-102

Ofori-Boateng Cynthia*, Lee Keat Teong, 2011, Feasibility of *Jatropha* oil for biodiesel: Economic Analysis, World Renewable energy congress, Bioenergy Technology, 1-8

Oihane C. Basurko, Gorka Gabina, Zigor Uriondo, 2013, Energy performance of fishing vessels and potential savings, *Journal of Cleaner Production*, 54, 30-40

Oihane C. Basurko, Gorka Gabiña, Zigor Uriondo, 2012, Energy audits of fishing vessels: lessons learned and the way forward, *Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing*, Vigo, Spain

S. MPalash, M.A.Kalam, H.H.Masjuki, B.M.Masum, I.M.RizwanulFattah, M.Mofijur, 2013, Impacts of biodiesel combustion on NOx emissions and their reduction approaches, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 173-490

Satyendra Pratap Singh, Rishi Kumar Anand, Vibhanshu Vinay, Prof. Debojyoti Sen, 2015, JATROPHA CURCAS: A RENEWABLE BIODIESEL PLANT, *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET)*, Vol. 2 Issue 1, 385-390

Tsegay Wolde-Georgis and Michael H. Glantz, 2008, International Research Center for Energy and Economic Development, Biofuels in Africa: A Pathway to Development, Number Forty-Three, 1-23

Ved Kumar and Padam Kant, 2013, BIODIESEL: BENEFICIAL FOR ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH, *Petroleum & Coal*, 55 (3), 207-215

Ιστοσελίδες:

<https://www.ashden.org/files/Cabeolicawinner.pdf> [04/2016]

www.dakar.climatemps.com/sunlight.php [04/2016]

www.emarineinc.com [03/2016]

www.greenoasisassociates.org/Biofuel_Feedstock/Report%20on%20Jatropha%20for%20Biodiesel%20Copy.pdf [05/2016]

www.inforse.org/projects_pro.php3?id=5 [04/2016]

www.jatrophabiodiesel.org [05/2016]

www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L23-30H_GenSet_TierII.pdf [10/2015]

www.marinetraffic.com [04/2016]

www.meteofrance.com/previsions-meteo-marine/bulletin/grandlarge/metarea2 [04/2016]

www.ndbc.noaa.gov/obs.shtml [04/2016]

www.nuglobalnrg.com/jatropha_facts_and_figures.html [05/2016]

www.pmel.noaa.gov/tao/disdel/frames/main.html [04/2016]

<http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html> [05/2016]

www.weatheronline.gr [04/2016]

8 Παράρτημα

Οι εκπομπές μοντέλου κινητήρα της εταιρείας MAN με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή προκύπτουν από τους Πίνακες 55, 56 και 57.

Πίνακας 55. Οδηγός κύριου κινητήρα MAN.

Main exhaust gas constituents	approx. [g/kWh]	approx. [g/kWh]
Nitrogen N ₂	5.020 - 5.160	4.950
Oxygen O ₂	900 - 1,030	965
Carbon dioxide CO ₂	560 - 620	590
Steam H ₂ O	260 - 370	315
Inert gases Ar, Ne, He ...	75	75

Πίνακας 56. Οδηγός κύριου κινητήρα MAN.

Additional gaseous exhaust gas constituents considered as pollutants	approx. [g/kWh]	approx. [g/kWh]
Sulphur oxides SO _x	10	10
Nitrogen oxides NO _x	8,0 - 10,0	9
Carbon monoxide CO	0,4 - 0,8	0,6
Hydrocarbons HC	0,01 - 0,04	0,025

Πίνακας 57. Οδηγός κύριου κινητήρα MAN.

Additional suspended exhaust gas constituents, PM	approx. [mg/Nm ³]		approx. [g/kWh]	
	operating on		operating on	
	MGO	HFO	MGO	HFO
Soot (elemental carbon)	50	50	0,3	0,3
Fuel ash	4	40	0,03	0,25
Lube oil ash	3	8	0,02	0,04