



ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ



Aegean Cargo Sailing



ΙΣΤΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ
AEGEAN SAILS



SAILMED



Συνεργατικός Χώρος
Κοινωνικής & Αλληλέγγυας
Οικονομίας

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ: Ιστιοπλοϊκή και ηλεκτροκίνητη θαλάσσια μεταφορά
οικολογικών προϊόντων στο Αιγαίο και στη Μεσόγειο: Ένα πιλοτικό
πείραμα.**

Προϋπολογισμός Έργου: 49.600,00€

ΦΑΣΗ 1

Δράση 3 Εργασίες για μετατροπή σκάφους σε ηλεκτροκίνηση

Π3.1 Μελέτη για μετατροπή σκάφους σε ηλεκτροκίνηση

Καινοτόμες δράσεις με τους πολίτες

Άξονας Προτεραιότητας 3

Φυσικό περιβάλλον και καινοτόμες δράσεις 2020

MΑΡΤΙΟΣ 2022

Λουκάς Γκουρτσογιάννης, Δρ. Μεταλλειολόγος

Γιώργος Μαρκογιαννάκης, Μηχ/γος Μηχανικός MSc.

1. Εισαγωγή	4
Όραμα, καινοτομία, πρωτοπόροι στην Ελλάδα.....	4
2. Εξέλιξη της ηλεκτρικής πρόωσης	5
3. Ανάλυση τεχνολογικών τομέων που επηρεάζουν την ηλεκτροκίνηση των ιστιοπλοϊκών σκαφών. 5	
3.1 Ηλεκτροκινητήρες.....	6
3.1.1 Ισχύς και τύπος ηλεκτροκινητήρα.....	7
3.1.2 Χαρακτηριστικά ηλεκτρικού κινητήρα	7
4. Επιλογή κατασκευαστών συστήματος κινητήρα με σύστημα ελέγχου	8
4.1. Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου του κινητήρα.....	9
5. Μπαταρίες	10
5.1 Κριτήρια επιλογής μπαταριών	10
5.2 Επιλογή προμήθειας συστήματος μπαταριών λίθου 48V με ελάχιστη αποθήκευση ενέργειας 460Ah.....	11
6. Φωτοβολταϊκά	15
6.1 Επιλογή φωτοβολταϊκών	16
7. ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	17
7.1 Ανεμογεννήτριες.....	17
7.2 Υδρογεννήτριες.....	18
8. Ενεργειακή Ανάλυση και ισοζύγιο CO ₂	19
8.1 Δεδομένα.....	19
8.2 Υπολογισμοί.....	21
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	25
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	25
Προσφορά κινητήρα	25
Προσφορά BMS	27
Προσφορά Μπαταριών.....	28
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	29
Σχέδια	29
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	33
Προδιαγραφές Κύριου Εξοπλισμού	33

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 8-1: Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκών συστημάτων	20
Πίνακας 8-2: Κατανάλωση Καυσίμου	21
Πίνακας 8-3: Κατανάλωση ενέργειας σε λίτρα (Lt) και σε λίτρα ανά τόνο φορτίου(Lt/NM/τόνο) μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για διαδρομή 1200 NM.	22

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Ισχύς κινητήρα Vetus.....	7
Εικόνα 2: Διάγραμμα ροπής ηλεκτροκινητήρα BLDC	8
Εικόνα 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Golden Motor Inboard Outboard Marine 10KW, HPM10KW	9
Εικόνα 4: Αυτονομία μπαταριών	10
Εικόνα 5: Τεχνικές προδιαγραφές μπαταριών EVE LFP Power Battery, LF230.....	12
Εικόνα 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά 123SmartBMS gen3	13
Εικόνα 7: Σχεδιάγραμμα ελέγχου και εξισορρόπησης της μπαταρίας	14
Εικόνα 8: Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε πανί	15
Εικόνα 9: Ηλιακά πανιά	16
Εικόνες 10: Τοποθέτηση Εύκαμπτων φωτοβολταϊκών σε bimini	16
Εικόνα 11: Προδιαγραφές φωτοβολταϊκών πάνελ	17
Εικόνα 12: Wind Power Air-X 400W.....	18

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 4-1: Σχεδιάγραμμα μπαταρίας	14
---	----

1. Εισαγωγή

Όραμα, καινοτομία, πρωτοπόροι στην Ελλάδα

Η αντικατάσταση κινητήρα ντίζελ από ηλεκτροκινητήρα με στόχο τον μηδενισμό του αποτυπώματος άνθρακος και συναφείς οικολογικούς στόχους για την κίνηση σκαφών έχει ιστορία τουλάχιστον 20 ετών. Γνωστά παραδείγματα είναι η χρήση ηλεκτροκίνητων σκαφών αναψυχής σε τεχνητές λίμνες της Électricité de France EDF, σε κανάλια της Ολλανδίας και πιο πρόσφατα στην εμπειρία κρουαζιέρας για την παρακολούθηση της θαλάσσιας πανίδας το 2017 στην Ισλανδία με το παραδοσιακό ιστιοπλοϊκό OPAL που είχε μετατραπεί σε ηλεκτροκίνητο επαναφορτιζόμενο.

Υπό κατασκευή στην Costa Rica είναι το ξύλινο ηλεκτροκίνητο ιστιοπλοϊκό CEIBA της εταιρίας Sailcargo Inc το οποίο θα χρησιμοποιείται για μεταφορά εμπορευμάτων στην Ανατολική όχθη της Βόρειας Αμερικής.

Στην Ευρώπη, υπάρχει νομοθεσία που απαγορεύει ολοκληρωτικά την χρήση θερμικών κινητήρων σκαφών όπως για παράδειγμα στην Βαυαρία, στην Αυστρία και στην Ελβετία σε λίμνες που χρησιμοποιούνται για την άντληση πόσιμου νερού. Επίσης υπάρχουν αυστηροί χρονικοί περιορισμοί σε όλες τις λίμνες των ίδιων περιοχών και χωρών για την χρήση θερμικών κινητήρων. Ως αποτέλεσμα, μεγάλος αριθμός ιστιοπλοϊκών και άλλων σκαφών έχουν μετατραπεί σε ηλεκτροκίνητα και η εμπειρία αυτή αξιοποιείται ευρύτερα.

Αξιοποιώντας την τεχνογνωσία που παράγεται στον ευρωπαϊκό χώρο, τα τελευταία 5 χρόνια έχουμε προβεί σε μικρής έκτασης πειραματισμό με την χρήση εξωλέμβιου ηλεκτρικού κινητήρα στο PELAGO, μέσα σε λιμάνια και απόλυτη νηνεμία. Ο στόχος ήταν μικρές κινήσεις για την αλλαγή θέσης, πείραμα που στέφθηκε με επιτυχία.

Η νέα παγκόσμια κατεύθυνση για την επιτάχυνση της μείωσης του αποτυπώματος άνθρακα και την αποφυγή των ορυκτών καυσίμων οδήγησε στην σημερινή μελέτη για την σκοπιμότητα και την τεκμηρίωση αντικατάστασης του κινητήρα ντίζελ του PELAGO με ηλεκτροκίνηση ούτως ώστε να επιτευχθεί μία πλήρως, μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα, θαλάσσια μεταφορά φορτίων, αφού οι μόνες πηγές ενέργειας οι οποίες θα χρησιμοποιούνται είναι η αιολική (ιστία, ανεμογεννήτρια), η ηλιακή (φωτοβολταϊκά) και η υδροηλεκτρική (υδρογεννήτρια).

Η αποκτηθείσα εμπειρία από την αντικατάσταση του κινητήρα ντίζελ με ηλεκτρικό, οι απαραίτητες προσαρμογές για την εγκατάσταση και λειτουργία του και ο σχεδιασμός για την βέλτιστη συνδυαστική λύση των απαραίτητων μερών που απαρτίζουν την τεχνική πρόταση, δηλαδή του ηλεκτρικού κινητήρα, των συστημάτων 100% παραγωγής/χρήσης πράσινης ενέργειας και των μπαταριών, ευελπιστούμε να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο και μοντέλο υπό κλίμακα, για την μετατροπή και άλλων ιστιοπλοϊκών σκαφών σε σκάφη μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα θαλάσσιας μεταφοράς φορτίων.

Σημειώνεται ότι στην βελτιστοποίηση του σχεδιασμού θα συντελέσουν οι δοκιμαστικές πλεύσεις - ιστιοπλοϊκοί γύροι κατά τους οποίους θα συλλεχθούν πολύτιμες πληροφορίες σε πραγματικές, τυπικές συνθήκες πλεύσης για ένα τέτοιο σύστημα και να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές βελτιστοποίησης (τεχνικής, περιβαλλοντικής, οικονομικής).

2. Εξέλιξη της ηλεκτρικής πρόωσης

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα η ηλεκτρική κίνηση έχει εφαρμοστεί επανειλημμένα άλλοτε με επιτυχία και άλλοτε με αποτυχία. Τα πρώτα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα εξαφανίστηκαν σε λίγα χρόνια από την εμφάνισή τους και υπερίσχυσαν τα θερμικά. Ο εξηλεκτρισμός στην κίνηση επεκτάθηκε στα τραμ και στα τρένα, σε φορτωτικά μηχανήματα αλλά και σε ειδικές περιπτώσεις σε σκάφη. Η τεχνολογία αναπτύχθηκε για υποβρύχια σκάφη και βαθυσκάφη αλλά η περισσότερο διαδεδομένη και μάλλον άγνωστη εφαρμογή της είναι η ηλεκτροκίνηση των πολεμικών σκαφών. Ειδικά οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν προδιαγράψει την σταδιακή εξάπλωση της άμεσης ηλεκτρικής πρόωσης στην πλειοψηφία των πολεμικών σκαφών του μέλλοντος για λόγους ισχύος και ευελιξίας στην διαχείριση της ενέργειας¹:Υπό τον τίτλο: "Integrated electric propulsion" το Wikipedia παρουσιάζει κατάλογο μεγάλων ηλεκτροκίνητων σκαφών.

Σήμερα είναι πλέον δεδομένο πως θα ηλεκτροδοτηθεί η πλειοψηφία των μέσων οδικών μεταφορών, κυρίως των αυτοκινήτων, καθώς επίσης υπάρχουν πλείστες εφαρμογές στις θαλάσσιες μεταφορές (π.χ. υποβρύχια) Στο πλαίσιο της δέσμης μέτρων Fit for 55², εισάγεται η αναθεώρηση των κανόνων σχετικά με τις εκπομπές CO₂ για τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά και απαιτεί οι μέσες εκπομπές CO₂ των νέων αυτοκινήτων να μειωθούν κατά 55 % από το 2021 έως το 2030 και να είναι καθαρές μηδενικές έως το 2035. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι από το 2035 δεν θα είναι πλέον δυνατή η διάθεση στην αγορά της ΕΕ αυτοκινήτων ή φορτηγών με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ειδικότερα για την Ελλάδα και με το άρθρο 12³ του υπό ψήφιση Κλιματικού Νόμου, υιοθετούνται τα παρακάτω:

Από το 2023, το 1/4 των νέων εταιρικών αυτοκινήτων ιδιωτικής χρήσης που ταξινομούνται πρέπει να είναι αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα ή υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα εξωτερικής φόρτισης ρύπων έως 50γρ CO₂/χλμ.

Από το 2030, τα νέα οχήματα που θα ταξινομούνται θα πρέπει να είναι μηδενικών εκπομπών.

Τέλος, από το 2025 υποχρεωτικά σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη όλα τα νέα ταξί καθώς και το 1/3 των νέων ενοικιαζόμενων οχημάτων θα είναι ηλεκτροκίνητα. Στόχος είναι μέχρι το 2023 να κυκλοφορούν στους δρόμους περί τα 2.000 ηλεκτροκίνητα ταξί.

3. Ανάλυση τεχνολογικών τομέων που επηρεάζουν την ηλεκτροκίνηση των ιστιοπλοϊκών σκαφών.

Γίνεται κατωτέρω ανάλυση των τεχνολογικών τομέων που υπεισέρχονται στην ηλεκτροκίνηση ιστιοπλοϊκών. Πλέον της ηλεκτροκίνησης, περιγράφονται συνοπτικά επίσης και οι «πράσινες» τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης παρουσιάζονται οι βασικές παραδοχές και τεχνικές επιλογές καθώς και οι βασικοί υπολογισμοί ισοζυγίων ισχύος και ενέργειας σε συγκεκριμένες συνθήκες πλεύσης.

¹ Electric Power and Propulsion | Technology for the United States Navy and Marine Corps, 2000-2035 - The National Academies Press.(1997) <https://nap.nationalacademies.org/read/5863/chapter/10>

² <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

³ <http://www.opengov.gr/minenv/?p=12285>

Οι κύριες τεχνολογίες οι οποίες εξετάζονται στα παρακάτω κεφάλαια αφορούν τους ηλεκτροκινητήρες, τους συσσωρευτές (μπαταρίες), τις τεχνολογίες ΑΠΕ οι οποίες θα εφαρμοστούν (φωτοβολταϊκά, κλπ) καθώς επίσης γίνεται αναφορά στα αναγκαία συστήματα ελέγχου λειτουργίας των επιμέρους συστημάτων καθώς και οι αναγκαίες προσαρμογές που απαιτούνται για την τροποποίηση του σκάφους σε ηλεκτροκίνητο.

3.1 Ηλεκτροκινητήρες

Γνωστά παραδείγματα ηλεκτροκίνησης, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, είναι η χρήση ηλεκτροκίνητων σκαφών αναψυχής σε τεχνητές λίμνες της Électricité de France EDF, σε κανάλια της Ολλανδίας και πιο πρόσφατα στην εμπειρία κρουαζιέρας για την παρακολούθηση της θαλάσσιας πανίδας το 2017 στην Ισλανδία με το παραδοσιακό ιστιοπλοϊκό OPAL που είχε μετατραπεί σε ηλεκτροκίνητο επαναφορτιζόμενο (<https://www.nordicinnovation.org/news/meet-opa1l-worlds-first-retrofitted-plugin-hybrid-sail-boat>).

Υπό κατασκευή στην Costa Rica είναι το ξύλινο ηλεκτροκίνητο ιστιοπλοϊκό CEIBA της εταιρίας Sailcargo Inc (<https://www.sailcargo.inc/>) το οποίο θα χρησιμοποιείται για μεταφορά εμπορευμάτων στην Ανατολική όχθη της Βόρειας Αμερικής.

Θα περιοριστούμε στην ανάλυση της αγοράς σύγχρονων ηλεκτροκινητήρων σκαφών από καθιερωμένες εταιρείες με έμφαση σε αυτούς που προορίζονται για σκάφη μεγέθους από 8 έως 25 μέτρα, που αντιστοιχούν στα όρια μεγέθους των ιστιοπλοϊκών που ενδιαφέρουν την Κοιν.Σ.Επ. ΙΣΤΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ.

Ο αριθμός των κατασκευαστών και εταιρειών που προσφέρουν συστήματα ηλεκτροκίνησης για σκάφη αναψυχής παγκοσμίως έχει μεγαλώσει εκθετικά τα τελευταία 5 έτη. Δύο εταιρείες κατασκευάζουν ιστιοπλοϊκά ηλεκτροκινούμενα. Ο λόγος είναι ότι η ιδέα της κίνησης στη θάλασσα έχει αποκτήσει πολλούς ένθερμους υποστηρικτές και υπάρχουν ήδη εκατοντάδες ηλεκτροκίνητα σκάφη αναψυχής στις ακτές του βόρειου Ατλαντικού και στην Αυστραλία. Η εξέλιξη των απαιτούμενων τεχνολογιών σε κινητήρες, συστήματα ελέγχου κινητήρα, μπαταρίες, φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες έχει φτάσει σε επίπεδο ικανοποιητικής ωρίμανσης που επιτρέπει την ταχεία και φθηνή διάδοση της ηλεκτροκίνησης.

Σε επίπεδο κινητήρων και συστημάτων ελέγχου υπάρχουν σήμερα άνω των 30 εταιρειών που προτείνουν ολοκληρωμένα συστήματα. Από αυτές, 18 περιλαμβάνονται στον online κατάλογο⁴ που δημιούργησε η έκδοση PLUGBOATS. Ο κατάλογος περιλαμβάνει όλους τους σημαντικούς κατασκευαστές στην Ευρώπη και την Αμερική, εκτός της Ολλανδικής εταιρείας VETUS η οποία προσφέρει ποιοτικά ολοκληρωμένα συστήματα για σκάφη χωρίς να είναι πάντα ο κατασκευαστής αλλά κυρίως ο σχεδιαστής και integrator.

⁴ <https://plugboats.com/electric-inboard-boat-motors-guide-over-150-motors/>

3.1.1 Ισχύς και τύπος ηλεκτροκινητήρα

Λόγω της μεγάλης εμπειρίας σε ηλεκτροκίνηση ιστιοπλοϊκών παγκοσμίως υπάρχει σταθερός κανόνας αντικατάστασης μηχανής ντίζελ από ηλεκτροκινητήρα με ισχύ τα 2/3 της ισχύος του θερμικού κινητήρα λόγω μεγαλύτερης ροπής των ηλεκτρικών κινητήρων σε χαμηλές στροφές, δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας στο 95% της μέγιστης ισχύος αλλά και βραχυχρόνια λειτουργία στο 115% της ονομαστικής μέγιστης ισχύος. Για το μέγεθος 10 m και το βάρος 5 τόνων του PELAGO η συνιστώμενη ισχύς είναι 10 kW.

Παράδειγμα συνιστώμενης ισχύος κινητήρα από την VETUS ανάλογα με το μήκος ή το βάρος ενός σκάφους παρουσιάζεται κατωτέρω.

Model	Indicative comparable combustion engine	Indication for suitable boat length
E-LINE rental *	5-12 hp (max. input 3.2 - 5.6 - 8.6 kW)	4-7 metre
E-LINE 050	11 hp (max. input 5,6 kW / 7,3 kW peak)	up to 7 metre or 3 ton
E-LINE 075	16 hp (max. input 8,4 kW / 10,2 kW peak)	up to 9 metre or 5 ton
E-LINE 100	22 hp (max. input 11,3 kW / 13,3 kW peak)	up to 11 metre or 7 ton
E-POD	20 hp (max. input 9,1 kW / 11,3 kW peak)	up to 11 metre or 7 ton

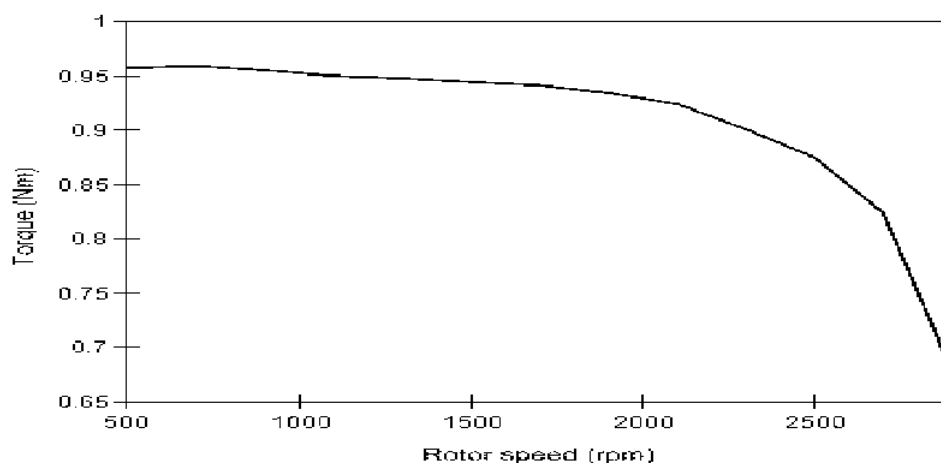
*For more information, please contact your local dealer.

Εικόνα 1: Ισχύς κινητήρα Vetus

3.1.2 Χαρακτηριστικά ηλεκτρικού κινητήρα

Στην Ελλάδα υπάρχει μόνο μια εγκατάσταση που έγινε το 2021 σε ένα ξύλινο καΐκι το "SOLAR ΕΛΠΙΣ" που σχεδιάστηκε για να συνδέει την Πάτμο με τους Αρκιούς και τους Λειψούς σε απόσταση περίπου 10 NM. Το σκάφος μήκους 9m είναι συγκρίσιμο με το PELAGO σε μέγεθος και βάρος και σε αυτοδυναμία απόστασης πλεύσης. Ο εγκατεστημένος ηλεκτροκινητήρας είναι ισχύος 11kW, σύμφωνα με σχετικά άρθρα (<https://www.youtube.com/watch?v=ygkvenYAiJ8>, <https://www.kathimerini.gr/culture/athinaika-plus/561486550/ena-prasino-xyfino-ka-ki-taxidevei-apo-tin-patmo-me-proorismo-to-mellon/>, κ.α.) και προφορικές πληροφορίες από τον ιδιοκτήτη. Το ηλεκτροκίνητο καΐκι δεν είναι συγκρίσιμο ως προς την αυτοδυναμία μακρινών αποστάσεων διότι δεν έχει πανιά. Η εμπειρία της Ιστία Αιγαίου σε ιστιοπλοϊκές διαδρομές μεταφοράς φορτίων επί πενταετία έχει δείξει ότι κατά μέσο όρο το 85%-90% των διαδρομών καλύπτονται με πορεία ιστιοπλοϊκή χωρίς άλλη ενέργεια πρόωσης.

Από τους πιο νέους τύπους ηλεκτρικών κινητήρων θεωρείται επικρατέστερος ο BLDC, με σύστημα υδρογεννήτριας κατά την ιστιοπλοϊκή διαδρομή, χωρίς ψήκτρες και με μόνιμο μαγνήτη. Το μεγάλο τους προτέρημα, είναι η σταθερή ροπή μέχρι την μέγιστη ταχύτητα. Ξεπερνώντας την μέγιστη ταχύτητα μέχρι και το 150% η ροπή μειώνεται όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα 2: Διάγραμμα ροπής ηλεκτροκινητήρα BLDC

Μεγάλος αριθμός εταιριών προσφέρουν ηλεκτρικούς κινητήρες για εγκατάσταση σε σκάφη νεότερου τύπου. Κινητήρες χωρίς μόνιμο μαγνήτη έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται αλλά δεν είναι ακόμη σε προσιτή τιμή. Επιλέγεται επομένως ο τύπος BLDC⁵ (brushless DC electric motor) με υδρόψυξη που προσαρμόζεται καλύτερα στις Ελληνικές συνθήκες για το PELAGO. Σε αυτό το μέγεθος η συνήθης τάση είναι 48V³.

4. Επιλογή κατασκευαστών συστήματος κινητήρα με σύστημα ελέγχου

Μετά από ενδελεχή αναζήτηση και ανάλυση προσφερόμενων προϊόντων και εταιριών ηλεκτροκινητήρων και συστημάτων ελέγχου, αποφασίστηκε από τις 30 και πλέον εταιρίες που έχουμε στη διάθεσή μας να εξαιρεθούν αυτές που έχουν βάση εκτός Ευρώπης τόσο για θέματα εύκολης πρόσβασης σε τεχνική υποστήριξη και ανταλλακτικά όσο και για ευκολία στις διαδικασίες εισαγωγής και στο χρόνο παράδοσης. Από τις διαθέσιμες ευρωπαϊκές εταιρίες εκ των πραγμάτων εξαιρέθηκαν οι Torquedo, Ocean Volt, Belledrive για λόγους υψηλού κόστους. Τελικά ζητήθηκαν προσφορές από τρεις εταιρίες με έδρα την Ολλανδία η VETUS, την Αυστρία η Bode-Elektronik και την Πολωνία η E-Tech.

Η τεχνική λύση που προσφέρεται από την Bode-Elektronik είναι η πιο οικονομικά συμφέρουσα κι αυτό οφείλεται στην οικολογική αξιοποίηση (επαναχρησιμοποίηση) του υπάρχοντος κιβωτίου ταχυτήτων (ρεβέρσα) της αντικαθιστούμενης μηχανής diesel και στην εγκατάσταση απλού BLDC κινητήρα χωρίς ενσωματωμένο κιβώτιο ταχυτήτων. Ταυτόχρονα αξιοποιείται και το μηχανικό μέρος

⁵ Για περισσότερες πληροφορίες για τους BLDC κινητήρες και τους ελεγκτές τους (controller) βλέπε: https://en.wikipedia.org/wiki/Brushless_DC_electric_motor

³ Για περισσότερες πληροφορίες για τους BLDC κινητήρες βλέπε: <https://plugboats.com/electric-inboard-boat-motors-guide-over-150-motors/>

του ελέγχου ταχύτητας από την υφιστάμενη μηχανή diesel. Σημειώνεται ότι η εν λόγω εταιρία προσφέρει τεχνική υποστήριξη κατά τη φάση σχεδιασμού (στο παράρτημα II παρουσιάζονται τα σχέδια προσαρμογής του κιβωτίου στο νέο κινητήρα), της εγκατάστασης και της επίβλεψης του κινητήρα και της σύνδεσής του με το υφιστάμενο κιβώτιο ταχυτήτων κάτι που δεν το προσφέρουν οι άλλες εταιρείες.

Ο κινητήρας που επιλέχθηκε τελικά είναι ο **Golden Motor Inboard Outboard Marine 10KW Brushless Liquid Cooled Motor, μοντέλο HPM10KW**, κινητήρας υψηλής ισχύος BLDC των 10kW, 48V, υδρόψυκτος.

Στην παρακάτω εικόνα δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεγθέντα κινητήρα.

Specifications	
Model: HPM10KW -- High Power BLDC Motor---Electric Motorcycle Motor---Electric Boat Motor---Electric Car Motor	
Voltage	48/72V/96V
Rated power	10KW
Peak power	20KW
Speed	3000-5000rpm
Rated torque	26Nm
Peak torque	85Nm
Efficiency	>90%
Dimension	20.6cm diameter, 17cm height
Weight	17kgs
Cooling	Air or liquid cooling

Εικόνα 3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα Golden Motor Inboard Outboard Marine 10KW, HPM10KW

4.1. Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου του κινητήρα

Τα συστήματα ελέγχου κατασκευάζονται προσαρμοσμένα στο σύστημα κινητήρα. Δεν συνιστάται να γίνει προσπάθεια επιλογής συστήματος ελέγχου διαφορετικού από αυτό της εταιρίας παραγωγής του κινητήρα. Κανονικά οι προσφορές γίνονται με το σύστημα ελέγχου και ορισμένες εταιρίες προσφέρουν κινητήρες που φέρουν το σύστημα ελέγχου συναρμολογημένο στον κινητήρα χωρίς δυνατότητα αποσύνδεσης (π.χ. VETUS Eline 100).

Η τελική επιλογή συστήματος κινητήρα (ισχύος 10KW) και ελέγχου (controler) είναι της εταιρείας Bode-Elektronik με διατήρηση του υπάρχοντος κιβωτίου ταχυτήτων.

Το σύστημα ελέγχου είναι το KLS72601-8080i. Ο συγκεκριμένος ελεγκτής μαζί με τα παρελκόμενά του χρησιμεύει για την ρύθμιση των στροφών και της χρησιμοποιούμενης ισχύος του κινητήρα.

5. Μπαταρίες

Η τεχνολογία μπαταριών εξακολουθεί να είναι σε έντονη εξέλιξη. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου⁶ έχουν εξελιχθεί εκθετικά τα τελευταία χρόνια αν και ενώ μειώνουν το βάρος για την αποθήκευση ενέργειας, εξακολουθούν να κοστίζουν περίπου έως και 5 φορές ακριβότερα, - βάση προσφορών -, από την αμέσως επόμενη τεχνολογία των μπαταριών μολύβδου AGM βαθιάς εκφόρτισης. Βάση τεχνικών πληροφοριών της εταιρείας VETUS και της εταιρείας VICTRON, το αποδεκτό βάθος εκφόρτισης των AGM είναι 50% ενώ για τις μπαταρίες λιθίου είναι 80-90%. Οι μπαταρίες λιθίου υπερέχουν επίσης σε αριθμό εκφορτίσεων /επαναφορτίσεων όπου εγγύηση παρέχεται από σημαντικές εταιρείες όπως η Ολλανδική VICTRON για 1500 κύκλους φόρτισης, ενώ η επιλεγείσες μπαταρίες της εταιρείας EVE ανέρχεται σε 4000 κύκλους φόρτισης (Εικόνα 5). Συγκριτικά η αντίστοιχη εγγύηση για τις μπαταρίες AGM δίνεται για 500 κύκλους.⁷

Το κόστος ολοκληρωμένων μπαταριών λιθίου 12, 24 ή 48 V συνήθως είναι μεγαλύτερο από το κόστος κινητήρα με σύστημα ελέγχου. Αντίθετα υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης συστήματος μοναδιαίων στοιχείων 3.2 V με σύστημα BMS με σημαντική οικονομία στην συνολική τιμή αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

5.1 Κριτήρια επιλογής μπαταριών

Η ζήτηση ισχύος υπολογίζεται σε 1kW για ταχύτητα 3.3 κόμβους (kt) σε ήρεμη θάλασσα όπως φαίνεται στον κάτωθι πίνακα. Ο στόχος της αυτονομίας για διαδρομές στο Αιγαίο και την Μεσόγειο είναι 3 ώρες ή απόσταση 10 NM σε συνθήκες πλήρους άπνοιας. Σημειώνεται ότι με βάση την εμπειρία τα ιστιοπλοϊκά σκάφη το 85% της κατανάλωσης ενέργειάς τους είναι η αιολική αξιοποιούμενη από τα ιστία των σκαφών.

Ο παρακάτω πίνακας για σκάφος 10 m, δίνει αυτονομία 14 ωρών με σύστημα μπαταριών AGM 440 Ah. Αναλογικά η αυτονομία με σύστημα μπαταριών 240 Ah μειώνεται σε 7h 40min και 25 NM (με βάση την δυνατότητα εκφόρτισης των μπαταριών μολύβδου μέχρι 60%) που είναι 250% της στοχευόμενης αυτονομίας (3 ώρες).

Waterline length	4 m (13 ft)	6 m (19 ft)	8 m (26 ft)	10 m (33 ft)	12 m (39 ft)
Gentle sailing	6 km/h (3.3 kn)	6 km/h (3.3 kn)	6 km/h (3.3 kn)	6 km/h (3.3 kn)	6 km/h (3.3 kn)
	1 kW	0.7 kW	0.8 kW	1 kW	1.1 kW
Cruising speed	7.2 km/h (3.8 kn)	8.8 km/h (4.7 kn)	10.2 km/h (5.5 kn)	11.4 km/h (6.1 kn)	12.5 km/h (6.7 kn)
	1.5 kW	2.1 kW	3.9 kW	6.7 kW	9.6 kW
Hull speed	9 km/h (4.9 kn)	11 km/h (5.9 kn)	12.8 km/h (6.9 kn)	14.3 km/h (7.7 kn)	15.7 km/h (8.4 kn)
	3.1 kW	4.1 kW	7.7 kW	13.4 kW	18.9 kW

Εικόνα 4: Αυτονομία μπαταριών⁸

Λαμβάνοντας υπόψη τον στόχο αυτοδυναμίας 3 ωρών πλεύσης με ζήτηση ισχύος 1kW και κατανάλωση ενέργειας 3 kWh επιλέχθηκε ως ελάχιστο σύστημα μπαταριών 20 kWh, δηλαδή

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_iron_phosphate_battery

⁷ <https://www.victronenergy.com/blog/2015/03/30/batteries-lithium-ion-vs-agm/>

⁸ https://www.vetus.com/media/magentominds/sasdocument/20210802152317_0.pdf

αυτοδυναμίας 20 ωρών πλεύσης (για 90% εκφόρτιση των μπαταριών), που συντίθεται είτε από 2x4 μπαταρίες 12V 200Ah AGM συνδεδεμένες εν σειρά, είτε από συστοιχία 2x16x3.2V, 2x230Ah συνδεδεμένες ανά δύο παράλληλα και εν σειρά όλα τα ζεύγη των παραλλήλων, με σύστημα active BMS (Battery Management System), που υπερβαίνουν το τριπλάσιο της απαιτούμενης ενέργειας για τις προδιαγραφές αυτοδυναμίας. Αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει την αύξηση της αποθήκευσης ενέργειας, εάν αποδειχθεί στην πράξη ότι απαιτείται, με την προσθήκη και δεύτερης όμοιας ομάδας μπαταριών. Ο χρόνος πλήρους φόρτισης από το ηλεκτρικό δίκτυο από θεωρητική μηδενική φόρτιση είναι 23 ώρες (αν και στην πράξη ποτέ δεν θα ξεκινά η φόρτιση από μηδενική εκκίνηση).

Η συστοιχία 2x16x3.2V απαιτείται να έχει ισχύ συνεχούς εκφόρτισης προδιαγραφής 1c. Η προδιαγραφή αυτή σημαίνει ότι στην μέγιστη ισχύ του ο κινητήρας απορροφά την κανονική ισχύ συνεχούς εκφόρτισης της μπαταρίας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο κινητήρας έχει μέγιστη απορρόφηση ρεύματος 200A που είναι και το ρεύμα κανονικής εκφόρτισης μπαταρίας.

Όλες οι εταιρίες κατασκευής κινητήρων και συστημάτων πρόωσης προβλέπουν την εγκατάσταση και των δύο τύπων μπαταριών και δεν υπάρχει τεχνικό πρόβλημα εφαρμογής. Στην περίπτωση αυτή τα κριτήρια που βαρύνουν την επιλογή του τύπου των μπαταριών είναι το βάρος των AGM (x2.5), της λιγότερο βαθιάς εκφόρτισης και του μικρότερου αριθμού επαναφορτίσεων των μπαταριών μολύβδου αφενός και του μεγαλύτερου ορίου ρεύματος εκφόρτισης των μπαταριών λιθίου αφετέρου. Με βάση τις εξελίξεις τιμών και με δεδομένα τα πλεονεκτήματα των μπαταριών λιθίου σε σχέση με αυτές του μολύβδου η επιλογή είναι αυτές του λιθίου.

Επιπλέον οι μπαταρίες λιθίου συνοδεύονται από το BMS με αποτέλεσμα το κόστος μεταξύ των δύο τύπων μπαταριών να είναι πλέον άμεσα συγκρίσιμο ενώ ταυτόχρονα λόγω του BMS η απόδοση, συμπεριφορά και η διάρκεια ζωής των μπαταριών λιθίου να βελτιώνεται σημαντικά. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι η σχέση κόστους/οφέλους στον κύκλο ζωής των δύο τύπων να είναι πολύ καλύτερη στην περίπτωση των μπαταριών λιθίου.

5.2 Επιλογή προμήθειας συστήματος μπαταριών λίθου 48V με ελάχιστη αποθήκευση ενέργειας 460Ah

Οι μπαταρίες προσφέρονται ετοιμοπαράδοτες από ειδικευμένες εμπορικές εταιρίες και ζητήθηκαν προσφορές ή βρέθηκαν αναρτημένες τιμές e-commerce.

Τελικά συγκρίνοντας το κόστος συστοιχίας λιθίου 2x16x3.2V, 2x230Ah και τις δυνατότητες πολλαπλάσιων κύκλων βαθύτερης εκφόρτισης και μεγαλύτερης αυτονομίας κίνησης προκρίθηκε το σύστημα συστοιχίας λιθίου. Σημειώνεται ότι η δεύτερη συστοιχία λιθίου 16x3.2V, 230Ah έχει ως σκοπό την μεγαλύτερη αυτονομία πλεύσης του σκάφους και μεγαλύτερης αξιοποίησης της παραγωγής ενέργειας από τα επιπλέον Φ/Β και την μελλοντική εγκατάσταση της υδρογεννήτριας. Επίσης, το χαμηλότερο κόστος εργασιών (ίδιες εργασίες) επέτρεψε την προμήθεια της 2^{ης} συστοιχίας μπαταριών.

Τελική επιλογή **σύστημα 2x16x3.2V 460Ah** από τον προμηθευτή Komputron IKE.

Συγκεκριμένα οι μπαταρίες λιθίου που επιλέχθηκαν είναι της κατασκευάστριας εταιρείας EVE, product: LFP Power Battery, model: LF230⁹, specification 3.2V/230Ah.

Battery Cell Type	LFP Phosphate Lithium (Lifepo4) battery cell
Model Number	LF230
Nominal Voltage	3.2V(0.5C, 25°C±2°C 2.5-3.65V)
Nominal Capacity	230Ah
Cycle Life(25°C standard cycle)	4000 cycles (follow the cycling method provided by EVE)
Charging Cut-off Voltage (Umax)	3.65V
Discharging Cut-off Voltage (Umin)	2.5V (T>0°C) 2.0V (T≤0°C)
Initial IR	≤0.5mΩ
Standard Charge Current	115.0A(0.5C)
Standard Discharge Current	230A(1C)
Charging Temperature	0°C~65°C
Discharging Temperature	-35°C~65°C
Energy Density	≥178Wh/kg

Εικόνα 5: Τεχνικές προδιαγραφές μπαταριών EVE LFP Power Battery, LF230

Ο έλεγχος των μπαταριών γίνεται από το σύστημα BMS το οποίο είναι active 1A της εταιρίας 123electric, μοντέλο 123SmartBMS gen3, το οποίο είναι το σύστημα ελέγχου μπαταριών LiFePO₄, τάσεως 48V. Το σύστημα active 1A διορθώνει εξισορροπεί την φόρτιση των 16 μπαταριών.¹⁰

⁹ <https://www.lythbattery.com/eve-lf230-lfp-3-2v-230ah-lithium-iron-phosphate-lifepo4-battery/>

¹⁰ <https://123electric.eu/products/123smartbms-gen3/>

Specifications

All specifications measured at 3.3V cell voltage and zero ampere through current sensors.

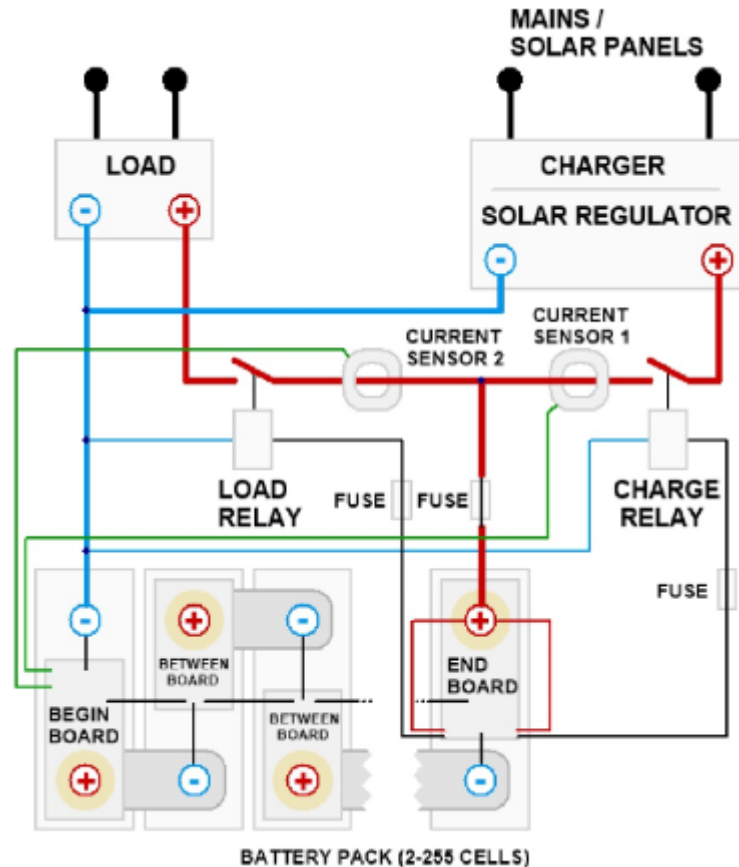
Description	Value / range
General specifications	
Operating voltage range	1.5V to 5.0V
Operating temperature range	-40 to 85°C
Voltage measurement accuracy	± 20mV
Temperature measurement accuracy	± 4°C
Balancing current	1A
Number of cells	2 to 255
Board type dependent specifications	
Between Board current average	~1.9mA
Begin Board current average	~1.9mA
End Board current average + no wireless connection	~1.9mA
End Board current average while wireless connected	End board HW1 (has soldering pad for negative pole): ~11.0mA End board HW2 (has connector for negative pole): ~2.9mA
Maximum current through charge / load signal relays on End Board	2A @ 30VDC 1A @ 60VDC

Mechanical specifications

Description	Value
Begin Board dimensions (L x W x H)	80 x 41 x 10 mm
Between Board dimensions (L x W x H)	60 x 41 x 8 mm
End Board dimensions (L x W x H)	80 x 41 x 12 mm
Default hole in + pad	M8

Εικόνα 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά 123SmartBMS gen3

Schematic overview



The BMS cell boards work in a voltage range from 1.5V to 5V. Every cell that operates between this voltage should be compatible. A couple of working cell chemistry examples are LTO, LiFePO₄, NMC and NCA.

Εικόνα 7: Σχεδιάγραμμα ελέγχου και εξισορρόπησης της μπαταρίας

Επίσης παραγγέλθηκαν δύο φορτιστές μπαταρίας 48V/10A από την εταιρεία Komputron IKE που συνδεδεμένοι παράλληλα θα αποδίδουν συνολικά 20A για τη σύνδεση και φόρτιση των μπαταριών από το δίκτυο ηλεκτρισμού ως εφεδρεία. Παράλληλα, προστέθηκε μια επιπλέον μπαταρία Gel 12V συνεχούς χρήσης (service) για να αντικαταστήσει την υπάρχουσα στο PELAGO η οποία έχει ξεπεράσει τα 13 χρόνια χρήσης και έχει που πάψει να λειτουργεί αποδοτικά.

Ο χρόνος πλήρους φόρτισης από μηδενική φόρτιση με αυτούς του φορτιστές ορίζεται σε 23 ώρες (στην πράξη βέβαια, ποτέ δεν θα ξεκινά η φόρτιση από μηδενική εκκίνηση).

Η σύνδεση των δύο συστημάτων μπαταριών 48V για την πρόωση και 12V για την συνεχή λειτουργία των οργάνων και φωτισμού του σκάφους θα γίνει με την χρήση ενός StepDown συστήματος VICTRON Orion Tr 48 - 12V 20A. (Εάν στην πράξη αποδειχθεί η ανάγκη λόγω της τροφοδοσίας 12V από την ανεμογεννήτρια η σύνδεση θα συμπληρωθεί και από ένα Stepup και πάλι της εταιρείας VICTRON). Η μακροζωία της μπαταρίας 12V θα μπορούσε να βελτιωθεί με την προσθήκη ενός επιπλέον MPPT controller 48 - 12V/10A εάν κριθεί σκόπιμο και αναγκαίο.

6. Φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα κατάλληλα για θαλάσσια χρήση έχουν φτάσει σε πλήρη τεχνολογική ωρίμανση και έχουν χρησιμοποιηθεί αρκούντως εδώ και αρκετά χρονιά, με εξαιρετικές αποδόσεις. Οι τιμές εμφανίζονται μειωμένες σε σύγκριση με το παρελθόν ώστε στην συνολική επένδυση ηλεκτροδότησης να συμμετέχουν με λιγότερο από το 10% του συνολικού κόστους. Οι ηλιακοί συλλέκτες διπλής όψης (Bifacial solar panels), μπορούν να τοποθετηθούν για να παράγουν ενέργεια τόσο απευθείας από τον ήλιο όσο και από το κάτω μέρος του συλλέκτη από το ηλιακό φως που αντανακλάται από το νερό. Η τεχνολογία εύκαμπτων φωτοβολταϊκών διπλής όψης είναι η νέα και φθηνότερη εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά των τελευταίων 2 ετών, αλλά σήμερα ελέγχονται ακόμα ως προς την μηχανική αντοχή τους στις συνθήκες αγωνιστικής ιστιοπλοΐας ανοικτής θαλάσσης. (Παράδειγμα πρόσφατης εγκατάστασης στο Λαύριο).

Τα εύκαμπτα φωτοβολταϊκά πανιά ή ηλιακά πανιά, που μπορούν να τυλιχτούν σε κύλινδρο 5cm, είναι η νεότερη τεχνολογική εξέλιξη για την παραγωγή ενέργειας, και έχουν βρει ήδη εφαρμογή με εντυπωσιακά αποτελέσματα σε αγωνιστικά αλλά και σκάφη κρουαζιέρας, αλλά είναι ακόμη πολύ ακριβά. Κατασκευάζονται με εκτύπωση εξαιρετικά εύκαμπτων φωτοβολταϊκών κελιών απευθείας στο ύφασμα του πανιού, ή με την ενσωμάτωση εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πάνελ στο πανί, ώστε να διατηρούν καλά το σχήμα τους και ακόμη να αναδιπλωθούν στο κατάρτι. Ενδεικτικά αναφέρονται δύο παραδείγματα: Το σκάφος Defi Martinique 50 ποδιών, διένυσε 3.700 αγωνιστικών μιλίων με άσχημες καιρικές συνθήκες. Τα ηλιακά πανιά του φόρτιζαν τις μπαταρίες του σκάφους, και επέστρεψε με τα ηλιακά πανιά του άθικτα. Το σκάφος IMOCA 60 "FORESIGHT NATURAL ENERGY" του Νεοζηλανδού κυβερνήτη Conrad Colman συμμετείχε στον αγώνα Vendée Globe, και κάλυψε όλες τις ανάγκες του, συνδυάζοντας τα ηλιακά πανιά του και τον ηλεκτρικό κινητήρα έκτακτης ανάγκης με δυνατότητα υδρογέννησης. Μελλοντικά, θα μπορούν να συνεισφέρουν και στην παραγωγή ενέργειας.



Εικόνα 8: Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε πανί



Εικόνα 9: Ηλιακά πανιά¹¹



Εικόνες 10: Τοποθέτηση Εύκαμπτων φωτοβολταϊκών σε bimini¹²

6.1 Επιλογή φωτοβολταϊκών

Το μέγεθος των προσφερόμενων οριζόντιων επιφανειών χωρίς προβλήματα σκίασης ή πρόσβασης είναι ο παράγοντας που περιορίζει την εγκατάσταση επαρκούς ισχύος φωτοβολταϊκών στα ιστιοπλοϊκά σκάφη. Στην περίπτωση του PELAGO στην σημερινή κατάσταση είναι δυνατόν να εγκατασταθούν συμβατικά φωτοβολταϊκά στοιχεία που αντιστοιχούν σε συνολικά 1520W.

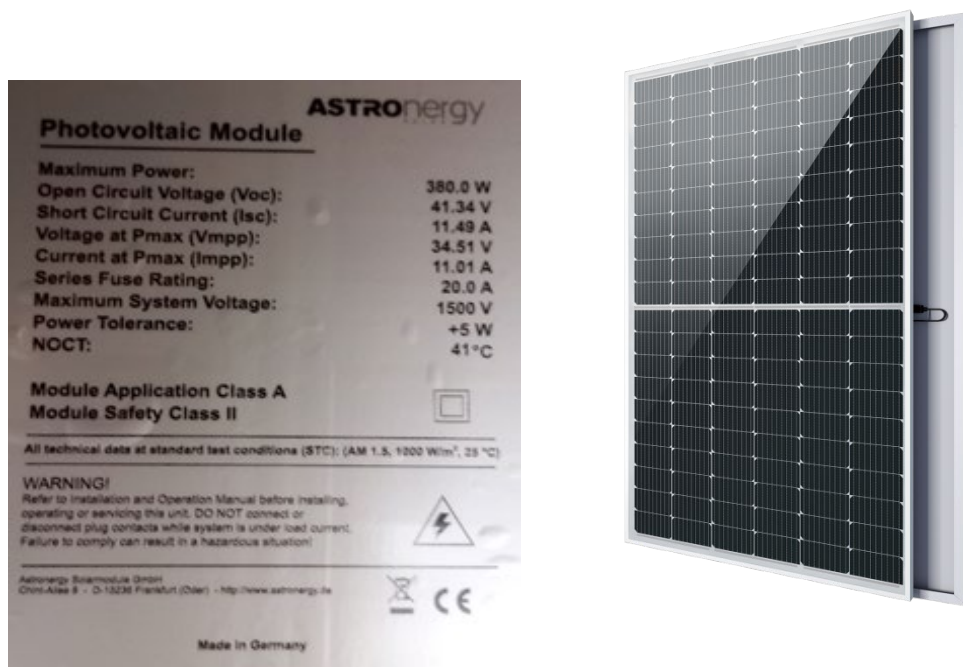
¹¹ Πηγή: https://www.hallberg-rassy.com/fileadmin/_processed_/3/0/csm-HR50solarsails1-6baa58bbd4.jpg

¹² Πηγή 1: https://www.custommarineproducts.com/uploads/1/4/3/7/1437708/catch_orig.jpg

Πηγή 2: https://www.nettunome.com/files/La%20bottega%20artigiana_Files/Foto/149831_8.JPG

Επελέγησαν τέσσερα φωτοβολταϊκά πάνελ 380W/24V διπλής όψεως από την εταιρεία **ASTROenergy**. Τα χαρακτηριστικά των Φ/Β των 380W φαίνονται στην παρακάτω φωτογραφία.

Η τοποθέτηση των Φ/Β θα γίνει με αναδιαμόρφωση των διαστάσεων του Βimini για την υποδοχή των φωτοβολταϊκών πάνελ.



Εικόνα 11: Προδιαγραφές φωτοβολταϊκών πάνελ¹³

Τα φωτοβολταϊκά θα συνδεθούν σε συνδυασμό εν σειρά και παράλληλα ώστε να έχουν την ικανότητα φόρτισης συστήματος μπαταριών 48V. Θα εγκατασταθεί ρυθμιστής φόρτισης MPPT που επιτρέπει την σύνδεση 4 φωτοβολταϊκών 12V και 2x24V και έξοδο φόρτισης στα 48V ή ακόμη και με άλλους συνδυασμούς παράλληλης και εν σειρά σύνδεσης ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη διάρθρωση των φωτοβολταϊκών συνολικής ισχύος 760W + 400W.

7. ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

7.1 Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες για σκάφη έχουν επίσης φτάσει σε ωριμότητα τεχνολογίας με εσωτερικό έλεγχο τόσο φόρτισης μπαταριών όσο και της ακινητοποίησης σε υπερβολικό άνεμο για την αποφυγή αυτοκαταστροφής. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι φορτίζουν τις μπαταρίες και τη νύχτα και σε ακινησία στο λιμάνι.

¹³ https://energy.chint.com/en/index.php/product/product_det/id/10289.html

Επιλέγεται να εγκατασταθεί μία ανεμογεννήτρια Wind Power Air-X 400W η οποία έχει ήδη χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στα σκάφη Λάφρη και FLORA και θεωρείται ικανοποιητική. Δεύτερη ανεμογεννήτρια δεν θα εγκατασταθεί σε αυτή τη φάση αλλά είναι δυνατόν να γίνει η εγκατάσταση μετά τον γύρο της Πελοποννήσου και τον δοκιμαστικό γύρο του Αιγαίου εάν κριθεί απαραίτητο. Η δεύτερη αυτή ανεμογεννήτρια, η οποία θα αγοραστεί στο μέλλον, θα είναι ίδια με την υφιστάμενη.



Εικόνα 12: Wind Power Air-X 400W

7.2 Υδρογεννήτριες

Η πλειοψηφία των συστημάτων κινητήρων φορτίζει τις μπαταρίες κατά τη διάρκεια της ιστιοπλοΐας, με αναγέννηση ενέργειας. Η κίνηση του σκάφους δημιουργεί περιστροφή της έλικας που παρασύρει τον κινητήρα ο οποίος μετατρέπεται σε ηλεκτρογεννήτρια. Υπάρχουν επίσης ανεξάρτητες εξωτερικές υδρογεννήτριες που χρησιμοποιούνται σε ρεγκάτες μεγάλων αποστάσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος τους είναι υψηλό αλλά μπορεί να συμπληρώσουν την παραγωγή ενέργειας που απαιτείται κατά την Ιστιοπλοϊκή διαδρομή για να επιτευχθεί η επιζητούμενη αυτοδυναμία.

Ο κινητήρας έχει ικανότητα υδρογέννησης, η οποία είναι μικρή σε ταχύτητες πλεύσης μέχρι 5 NM αλλά σημαντική σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Σε αυτή τη φάση δεν θα εγκατασταθεί επιπλέον υδρογεννήτρια αλλά μετά τον γύρο της Πελοποννήσου και του γύρου του Αιγαίου θα κριθεί η ανάγκη επιπλέον υδρογεννητριών (μέχρι δύο κατά μέγιστο).

8. Ενεργειακή Ανάλυση και ισοζύγιο CO₂

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκε η σκοπιμότητα υλοποίησης της επένδυσης, δηλαδή η μετατροπή του ιστιοπλοϊκού σκάφους PELAGO σε ηλεκτροκίνητο, με στόχο τον μηδενισμό του αποτυπώματος άνθρακα θαλάσσιας μεταφοράς φορτίων, αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης παρουσιάστηκαν και τεκμηριώθηκαν οι επιλογές του εξοπλισμού που απαρτίζει την συνολική τεχνική λύση.

Εξίσου σημαντικός στόχος της επένδυσης είναι η αποκτηθείσα εμπειρία αντικατάστασης του κινητήρα ντίζελ σε ηλεκτρικό και οι απαραίτητες προσαρμογές για την εγκατάσταση και λειτουργία του, να αποτελέσουν πολύτιμο εργαλείο για την μετατροπή και άλλων ιστιοπλοϊκών σκαφών σε σκάφη μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα θαλάσσιας μεταφοράς φορτίων. Πιο συγκεκριμένα η παρουσίαση της βέλτιστης συνδυαστικής λύσης των απαραίτητων στοιχείων που απαρτίζουν την τεχνική πρόταση, δηλαδή του ηλεκτρικού κινητήρα, των συστημάτων 100% παραγωγής/χρήσης και διαχείρισης πράσινης ενέργειας και των μπαταριών, επιθυμούμε να αποτελέσει σύμμαχο και εργαλείο διάδοσης της ηλεκτροκίνητης ιστιοπλοϊκής μεταφοράς στο Αιγαίο και στη Μεσόγειο.,

Τέλος, όσον αφορά την σκοπιμότητα υλοποίησης τη μετατροπής σε ηλεκτροκίνηση αυτή περιλαμβάνει την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού με τις προγραμματισμένες δοκιμαστικές πλεύσεις – ιστιοπλοϊκούς γύρους κατά τους οποίους θα συλλεχθούν πολύτιμες πληροφορίες της λειτουργίας και των απαιτήσεων σε πραγματικές, τυπικές συνθήκες πλεύσης για ένα τέτοιο σύστημα και θα πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές βελτιστοποίησης (τεχνικής, περιβαλλοντικής, οικονομικής). Ταυτόχρονα, με τις δοκιμαστικές αυτές πλεύσεις, θα συλλεχθούν στοιχεία και πληροφορίες που θα αφορούν την λεπτομερέστερη τεχνοοικονομική, ενεργειακή και περιβαλλοντική ανάλυση και βιωσιμότητα του όλου εγχειρήματος, δηλαδή τον μηδενισμό του αποτυπώματος άνθρακα θαλάσσιας μεταφοράς φορτίων με ιστιοπλοϊκά σκάφη αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σε μία πρώτη προσπάθεια προσέγγισης της προαναφερόμενης ανάλυσης με σκοπό την τεκμηρίωση του ενεργειακού και περιβαλλοντικού αποτελέσματος, ακολουθεί η παρουσίαση των αρχικών δεδομένων (κεφάλαιο 8.1) και των αποτελεσμάτων των σχετικών υπολογισμών (κεφάλαιο 8.2).

8.1 Δεδομένα

Η εμπειρία ιστιοπλοϊκών διαδρομών μεταφοράς φορτίων επί πενταετία έχει δείξει ότι κατά μέσο όρο το 85% - 90% των διαδρομών καλύπτονται με πορεία Ιστιοπλοϊκή χωρίς άλλη ενέργεια πρόωσης.

Ο ηλεκτροκινητήρας θα χρησιμοποιείται κατά μέσο όρο μόνο στο 15% της πλεύσης (σε συνθήκες άπνοιας και χειρισμών ελλιμενισμού με αντίστοιχη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα χρήσης του σκάφους PELAGO.

Η τελική επιλογή ισχύος του ηλεκτροκινητήρα είναι 10KW.

Η συστοιχία μπαταριών είναι λιθίου 16x3.2V, 460Ah με σύστημα active BMS (Battery Management System), ζήτηση ισχύος 1kW και κατανάλωση ενέργειας 3 kWh, όπου τελικά επιλέχθηκε ως ελάχιστο σύστημα μπαταριών 20 kWh, δηλαδή αυτοδυναμίας 20 ωρών πλεύσης (για 90% εκφόρτιση των μπαταριών). Ο χρόνος πλήρους φόρτισης από το ηλεκτρικό δίκτυο, από θεωρητικά μηδενική φόρτιση

είναι 11,5 ώρες (στην πράξη ποτέ δεν θα ξεκινά η φόρτιση από μηδενική εκκίνηση). τους καλοκαιρινούς μήνες με εκτίμηση ηλιοφάνειας 10 ωρών κατά μέσο όρο ο χρόνος πλήρους φόρτισης των μπαταριών είναι περίπου 10 ώρες με τα Φ/Β ενώ με την προσθήκη της Α/Γ θα είναι περίπου 7 – 8 ώρες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η εκτιμώμενη μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β συστήματος για εγκατάσταση συμβατικών φωτοβολταϊκών συνολικής ισχύος 1520W_{peak}.

Δεδομένα	
Τοποθεσία εγκατάστασης:	ΚΥΚΛΑΔΕΣ
Συνολική ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ:	1,52 kW DC
Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών:	Σταθερό
Συνολικές απώλειες (καλωδίων, κλπ)	24,60%
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ (kWh)	
Ιανουάριος:	100,10
Φεβρουάριος:	104,26
Μάρτιος:	145,60
Απρίλιος:	167,70
Μαΐος:	182,00
Ιούνιος:	187,20
Ιούλιος:	189,80
Αύγουστος:	183,30
Σεπτέμβριος:	169,00
Οκτώβριος:	143,00
Νοέμβριος:	96,85
Δεκέμβριος:	87,88
Σύνολο Έτους:	1756,69

Πίνακας 8-1: Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκών συστημάτων¹⁴

Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας ισχύος 400W_{peak}. Η εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της Α/Γ είναι περίπου 840 kWh.

Για τον επιλεγθέντα κινητήρα των 10 kW με βάση την εικόνα 4 η ζήτηση ισχύος για ταχύτητα 3,3 knots είναι 1 kW. Για ταχύτητα 6,1 knots η αντίστοιχη ζήτηση ισχύος είναι 6,7kW. Κατά αναλογία, για να γίνει σύγκριση μεταξύ των δύο τύπων κινητήρων, για ταχύτητα 4,5 knots με γραμμική παρεμβολή προκύπτει ζήτηση ισχύος 1,55 kW.

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα η μέση κατανάλωση πετρελαίου για το σκάφος PELAGO σε μέσες συνθήκες πλεύσης και για ταχύτητα 4,5 knots κατά μέσο όρο είναι 30 λίτρα/100NM.

¹⁴ Υπολογισμοί με το εργαλείο στην ιστοσελίδα <https://selasenergy.gr/solar-panel-production-monthly.php>

Για την αναλογικότητα των υπολογισμών μεταξύ του κινητήρα ντίζελ και του ηλεκτροκινητήρα σε σχέση με την κατανάλωση σε πετρέλαιο του σκάφους PELAGO εκτιμάτε ότι η κατανάλωση πετρελαίου για ταχύτητα 3,3 knots είναι 19,3 λίτρα/100NM.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται επίσης οι μέσες καταναλώσεις άλλων σκαφών που μπορούν να μετατραπούν και αυτά σε ηλεκτροκίνητα. Οι καταναλώσεις αυτές βασίζονται σε εμπειρία πέντε και πλέον ετών χρήσης τους για τη μεταφορά προϊόντων και ατόμων από την Ιστία Αιγαίου.

Σκάφος	Μήκος (m)	Ισχύς κινητήρα (hp)	Κατανάλωση λίτρα/100NM με ταχύτητα 4-5 κόμβων σε άπνοια	Ικανότητα σε φορτίο (τόννοι)
PELAGO	9,5	20	30	1
AVRORA	13	60	50	2,5
TWIINS	13	65	50	2
FLORA	13	60	50	2,5
RIA1	15	85	60	5
PORTO CANDIA	15	90	60	4,5
ΛΑΦΡΗ	16	80	60	5,5

Πίνακας 8-2: Κατανάλωση Καυσίμου

Τέλος, ο συντελεστής μετατροπής του πετρελαίου κίνησης (ντίζελ) σε εκπομπές CO₂ είναι 2,6391 Kg CO₂/Lt.

8.2 Υπολογισμοί

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα υπολογίστηκαν οι καταναλώσεις ενέργειας των παραπάνω σκαφών για διαδρομή 1.200 NM σε λίτρα (Lt) και σε λίτρα ανά τόνο φορτίου(Lt/NM/τόνο) και η αντίστοιχη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η διαδρομή αυτή είναι των δύο δοκιμαστικών γύρων Πελοποννήσου και Αιγαίου που θα γίνουν σε συνολική περίοδο πέντε μηνών, μεταξύ Απριλίου και Αυγούστου, η οποία είναι η τυπική διαδρομή που θα καλύπτει το σκάφος PELAGO κάθε καλοκαίρι.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Σκάφος	Κατανάλωση σε άπνοια (Lt)	Κατανάλωση σε άπνοια (Lt/τόνο φορτίου)	Κατανάλωση με ιστία (Lt)	Πλεύσης με ιστία Εξοικονόμηση CO ₂ (Kg)	15% πλεύσης με πράσινη ηλεκτροκίνηση ή Εξοικονόμηση CO ₂ (Kg)	Πλεύσης με ιστία και 15% πράσινη ηλεκτροκίνηση - Συνολική Εξοικονόμηση CO ₂ (Kg)
PELAGO	360,0	360,0	54,0	807,84	142,56	950,4
AVRORA	600	240,0	90	1346,4	237,6	1584
TWIINS	600	300,0	90	1346,4	237,6	1584
FLORA	600	240,0	90	1346,4	237,6	1584
RIA1	720	144,0	108	1615,68	285,12	1900,8
PORTO CANDIA	720	160,0	108	1615,68	285,12	1900,8
ΛΑΦΡΗ	720	130,9	108	1615,68	285,12	1900,8

Πίνακας 8-3: Κατανάλωση ενέργειας σε λίτρα (Lt) και σε λίτρα ανά τόνο φορτίου(Lt/NM/τόνο) μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για διαδρομή 1200 NM.

Με βάση τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα για το σκάφος PELAGO για την διαδρομή των 1.200 NM απαιτούνται 360 λίτρα πετρελαίου σε συνθήκες άπνοιας ή 0,3 λίτρα/NM ή 360 λίτρα/τόνο φορτίου. Η κατανάλωση πετρελαίου είναι 54 λίτρα πετρελαίου για πλεύση με ιστία (85% της διαδρομής ή 1020 NM) και χρήση του κινητήρα κατά 15% της διαδρομής ή 180 NM. Η συνολική εξοικονόμηση CO₂ για πλεύσεις με ιστία και με πράσινη ηλεκτροκίνηση ανέρχεται σε περίπου 1.110 Kg και 1.110 Kg CO₂/τόνο φορτίου για το συγκεκριμένο σκάφος.

Για το σκάφος PELAGO τα 360 λίτρα/τόνο φορτίου για τα 1200 NM αντιστοιχούν σε 0,162 λίτρα/τόνο φορτίου-Km.

Τέλος, τα 54 λίτρα πετρελαίου αντιστοιχούν σε ~ 540 kWh για πλεύση με ιστία και χρήση κατά 15% του ηλεκτροκινητήρα για 1200NM. Η ισοδύναμη αυτή κατανάλωση αντιστοιχεί σε 45kWh/100 NM ή 4,5 ισοδύναμα λίτρα πετρελαίου/100 NM (τα 85 NM θα καλύπτονται από τα ιστία). Αυτή την κατανάλωση ενέργειας (~ 540 kWh) θα την καλύπτουν τα φωτοβολταϊκά και η ανεμογεννήτρια τα οποία για την περίοδο μέσα Απριλίου – τέλος Αυγούστου με αναγωγή ανέρχεται σε περίπου 1.080 kWh.

Επομένως, το προτεινόμενο σύστημα ηλεκτροκινητήρα με παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτρια με αποθήκευση σε μπαταρίες λιθίου υπερκαλύπτει τις ανάγκες αυτονομίας του σκάφους για τις συγκεκριμένες πλεύσεις σε ποσοστό 200% περίπου, αυξάνοντας κατά πολύ την αυτονομία του σκάφους για κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων ή περισσότερων διαδρομών, δεδομένης και της αυξημένης χωρητικότητας των συστοιχιών μπαταριών.

Η συνολική παραγωγή ενέργειας από τις ΑΠΕ στο σύνολο του έτους ανέρχεται σε περίπου 2600 kWh/έτος ή περίπου 260 λίτρα πετρελαίου/έτος. Επομένως, το σκάφος δυνητικά έχει αυτονομία για διαδρομές ~6100 NM/έτος κατά μέσο όρο για συνθήκες πλεύσης, κατά τις οποίες τα 5185 NM (85%) θα είναι με πανιά και τα 915 NM (15%) θα είναι με τον ηλεκτροκινητήρα (περιλαμβανομένων και των χειρισμών ελλιμενισμού).

Η αυτονομία αυτή αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά με την μελλοντική εγκατάσταση της υδρογεννήτριας.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα αποφασίστηκε να εξεταστεί η περίπτωση υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών του σκάφους για πλεύση μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας, συνολικής πλεύσης 2400 NM και για συνθήκες πλεύσης κατά 85% με πανιά (2040 NM) και κατά 15% (360 NM) με τον ηλεκτροκινητήρα σε περίοδο ενός μηνός.

Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς και ενεργειακούς δείκτες, οι ενεργειακές ανάγκες του σκάφους ανέρχονται σε 720 λίτρα ή περίπου 7200 kWh για την διαδρομή των 2400 NM αποκλειστικά με τον κινητήρα ντίζελ. Εάν την ίδια διαδρομή την κάλυπτε το σκάφος με τα πανιά κατά 85% ή για 2040 NM και τα υπόλοιπα 360 NM με τον ηλεκτροκινητήρα η κατανάλωση ενέργειας θα ήταν 360 kWh για ταχύτητα 3,3 knots ή 560 kWh για ταχύτητα 4,5 knots. Αναλογικά για ταχύτητα 3,3 knots, για την περίπτωση του κινητήρα ντίζελ, η κατανάλωση πετρελαίου θα ήταν 3950 kWh (395 λίτρα πετρελαίου) για τα 2040 NM και 700 kWh (70 λίτρα πετρελαίου) για τα υπόλοιπα 360 NM.

Με βάση τα δεδομένα παραγωγής ενέργειας από τα Φ/Β συστήματα και την Α/Γ η παραγωγή ενέργειας για ένα καλοκαιρινό μήνα ανέρχεται σε 270 kWh. Επομένως, η παραγόμενη ενέργεια με τα υφιστάμενα συστήματα επαρκεί για το 75% του συνόλου των ενεργειακών αναγκών (270 kWh ή 27 λίτρα ισοδύναμου πετρελαίου ανά θερινό μήνα) της συγκεκριμένης διαδρομής για ταχύτητα 3,3 knots, ενώ για μεγαλύτερες ταχύτητες ή μεγαλύτερες αποστάσεις, θα μπορεί το σύστημα να ανταπεξέλθει μόνο με την μελλοντική εγκατάσταση της υδρογεννήτριας.

Βέβαια, τα ενεργειακά και άλλα δεδομένα που παρατίθενται στην παρούσα μελέτη, αναφέρονται σε μέσες συνθήκες πλεύσης. Τα δεδομένα αυτά θα εμπλουτιστούν με αυτά τα οποία θα προκύψουν κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών πλεύσεων, τα οποία και θα αξιοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού. Χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο σύστημα και σκάφος ως μοντέλο, θα εξεταστούν μελλοντικά οι περιπτώσεις εφαρμογής του παρόντος συστήματος σε διαφορετικά μεγέθη ιστιοπλοϊκών σκαφών και σε διάφορες συνθήκες πλεύσεως και φορτίων.

Το συνολικό κόστος του κύριου εξοπλισμού, των παρελκομένων και των απαραίτητων προσαρμογών ανέρχεται σε 15700€. Το αντίστοιχο όφελος από την χρήση του εν λόγω συστήματος ανέρχεται σε 2700 kWh/έτος ή περίπου 270 λίτρα ισοδύναμου πετρελαίου ενώ αποφεύγεται η εκπομπή περίπου 652 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος. Συνολικά, και με την χρήση των ιστίων, εξοικονομούνται 1650 λίτρα πετρελαίου ενώ αποφεύγεται η εκπομπή περίπου 4350 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος για συνολικές διαδρομές 8000 ναυτικών μιλίων περίπου.

Το αντίστοιχο οικονομικό όφελος από την μη χρήση πετρελαίου κίνησης (θεωρώντας μία μέση τιμή 1,7 €/λίτρο) ανέρχεται σε περίπου 460 €/έτος λαμβάνοντας υπόψη μόνο την παραγόμενη ενέργεια από τα Φ/Β και την Α/Γ και η απλή περίοδος αποπληρωμής ανέρχεται σε περίπου 34 έτη. Σημειώνεται ότι με την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου επιτυγχάνονται και άλλα πρόσθετα έμμεσα οικονομικά οφέλη (π.χ. βιολογικά γεωργικά προϊόντα μηδενικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος) τα οποία δεν συνυπολογίζονται στην παρούσα μελέτη.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι συνυπολογίζοντας και τις πλεύσεις με τα ιστία τότε το οικονομικό όφελος ανέρχεται σε 2.800 €/έτος.

Όπως προαναφέρθηκε, το συγκεκριμένο έργο μετατροπής του σκάφους PELAGO σε ηλεκτροκίνητο γίνεται με τον πιο επαγγελματικό τρόπο μεν, είναι πιλοτικό δε, και θα χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο για μελλοντικές εφαρμογές. Εύλογο είναι ότι με την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού, με την προοδευτική μείωση τιμών του εξοπλισμού, ιδιαίτερα των μπαταριών, και με την εφαρμογή κλίμακας σε μεγαλύτερα ιστιοπλοϊκά σκάφη (μεταφορά μεγαλύτερων φορτίων) η σχέση κόστους οφέλους θα βελτιωθεί σημαντικά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Προσφορά κινητήρα

Bode Industrie-u. Marineelektronik • Riehlstr. 23 • A – 6166 Fulpmes



Industrie- und Marineelektronik

Mr.
Loucas Gourtsoyannis
c/o Sail Med.Project
Leof. Athinon - Lavriou 8-10

GR- 19500 Lavrio

Order confirmation

Your order No.	Your order from	Customer No.	Our order confirmation No.	Date
Mail Mr. Gourtsoyannis	04.02.2022	11617	22001201	09.02.2022

We deliver only on base of our business conditions (www.bode-elektronik.at/AGB_gewerblich.pdf, www.bode-elektronik.at/AGB_Endkunde.pdf)

Thanks for your order, we confirm this as follows:

Pos.	Qty.	Description	Art. No.	Date of delivery	Price per unit	Total price
					EUR	EUR
01	1	HPM10KW-48-Liquid High Power BLDC-motor, 10kW, 48V, liquid cooling			940,00	940,00
02	1	KLS72601-8080i Sealed Sinusoidal wave brushless DC motor controller, 240A continuous current			695,00	695,00
03	1	FKKKC-KLC8080 Water cooler for motor controller			276,67	276,67
04	1	FSA-WG Throttle-adapter for Bowden-cable			307,50	307,50
05	1	ZJW200A-48V Main-contactor, 200A, 48V			35,00	35,00
06	1	BT-Adapt Bluetooth adapter for programming the motor controller			33,29	33,29
07	1	Batteriemonitor Victron Energy BMV 712smart Battery monitor with bluetooth			181,13	181,13
08	1	Johnson F2P10-19 Seawater pump, 12V for cooling system, seawater circuit			118,61	118,61
09	1	Johnson CM10P7-1 Water pump, 12V for cooling system, internal circuit			136,02	136,02
10	1	KWÜ01 Electronic controller for cooling system and pumps with PT1000 sensor			290,00	290,00
11	2	Main switch Main switch, 250A			35,00	35,00

12	1	Mounting plate Aluminium mounting plate, all components (controller, shunt, main-contactor, FS-WG) mounted and wired with connectors	450,00	450,00
13	1	Documentation Electric schematic	0,00	0,00
14	1	Shipping Shipping costs for all parts to Trizonia	150,00	150,00
Total price				3.648,22

Payment on this account Pls., notify customer No. And order confirmation No.):

Bank: BAWAG P.S.K.

IBAN: AT28 1400 0001 1043 0086

BIC: BAWAATWW

Payment terms	: 2.800,00 EUR at the time of order without cashback, final payment of 848,22 EUR before delivery at date of advice not without cashback
Pricing terms	: All prices without VAT using your VAT-No EL997053446
Date of delivery	: ca. 4 - 6 weeks after payment receipt
Shipping	: direct delivery
Delivery adress	: Port of Trizonia, SY Pelagos

Προσφορά BMS

Bode Industrie- u. Marineelektronik • Riehlstr. 23 • A – 6166 Fulpmes



Industrie- und Marineelektronik

Mr.
Loucas Gourtsoyannis
c/o Sail Med.Project
Leof. Athinon - Lavriou 8-10

GR- 19500 Lavrio

Order confirmation

Your order No.	Your order from	Customer No.	Our order confirmation No.	Date
Mr. Gourtsoyannis	11.02.2022	11617	22001202	11.02.2022

We deliver only on base of our business conditions (www.bode-elektronik.at/AGB_gewerblich.pdf, www.bode-elektronik.at/AGB_Endkunde.pdf)

Thanks for your order, we confirm this as follows:

Pos.	Qty.	Description	Art. No.	Date of delivery	Price per unit	Total price
					EUR	EUR
01	1	BMS-System for 48V BMS-System for LiFePO4-battery system, brand albertronic, BMS\123smart consisting of 1 pcs. IN-modul, 1 pcs. OUT-modul, 14 pcs. CELL-modul, 1 pcs. Current Sensor 100A, 1 pcs. Current sensor 500A, connection wire			490,00	490,00
02	1	Shipping Shipping costs for this parts to Trizonia by DHL			10,00	10,00
Total price						500,00

Payment on this account Pls., notify customer No. and order confirmation No.):

Bank: BAWAG P.S.K.

IBAN: AT28 1400 0001 1043 0086

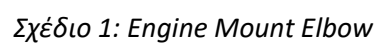
BIC: BAWAATWW

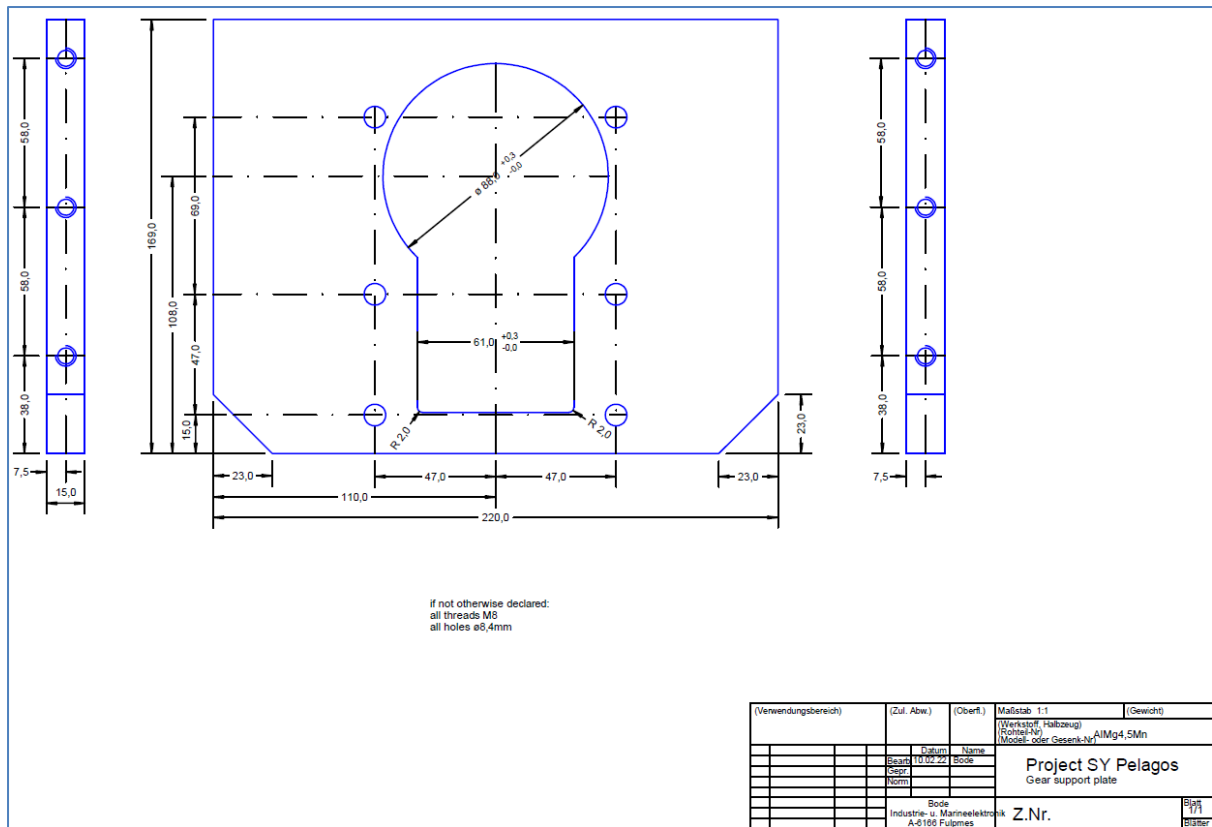
Payment terms	: IN ADVANCE without cashback
Pricing terms	: All prices without VAT using your VAT-No EL997053446
Date of delivery	: ca. 1 week after payment receipt
Shipping	: DHL
Delivery adress	: Taverna Kalypso, Trizonia

Προσφορά Μπαταριών

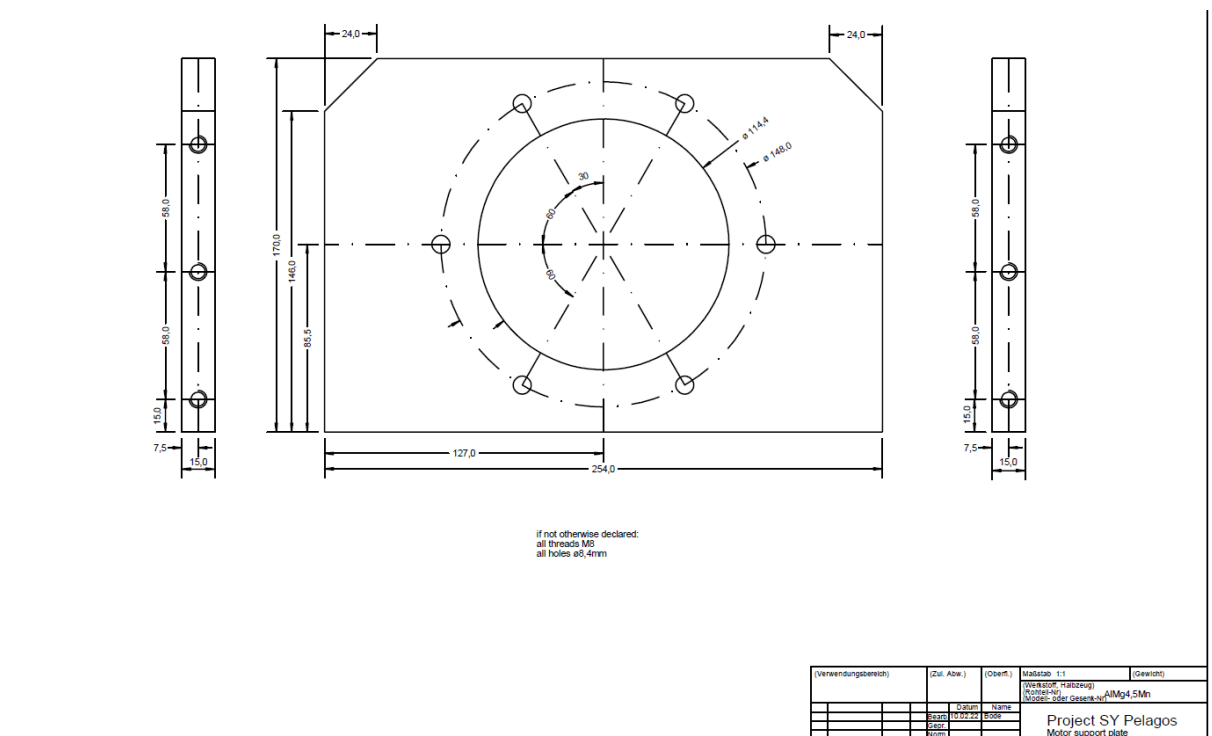
Komputron Μονοπρόσωπη ΙΚΕ					
ΑΦΜ: 801344160, ΔΟΥ Καστοριάς					
Περιοχή Κάργα, Δισπηλιό, Καστοριά 52057					
Τηλέφωνο: 211-234-4522, 211-234-1016					
<u>Προτιμολόγιο</u>					
Αρ. Παραγγελίας: 650665					
Προς: ΙΣΤΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ ΚΟΙΝ.Σ.ΕΡ.					
ΛΕΩΦ. ΑΘΗΝΩΝ ΛΑΥΡΙΟΥ 8-10 - ΛΑΥΡΙΟ					
Ημερομηνία:	7/2/2022				
Πληροφορίες:	Ζήσος Κασιάπης				
	Περιγραφή	Τιμή		Ποσό για 15s	Ποσό για 16s
A	Στοιχείο Μπαταρίας Λιθίου Σιδήρου Φωσφαλτίου LiFePO4 3.2V 202AH	119	Διαθέσιμο	1785	1904
B	Στοιχείο Μπαταρίας Λιθίου Σιδήρου Φωσφαλτίου LiFePO4 3.2V 230AH	134	Διαθέσιμο	2010	2144
Γ	Στοιχείο Μπαταρίας Λιθίου Σιδήρου Φωσφαλτίου LiFePO4 3.2V Rated 200AH, πραγματικό 170Ah (4311-EP)	99	Διαθέσιμο	1485	1584
Δ	DALY BMS για Μπαταρία LiFePO4 (LFP) 15S 48V	170	Διαθέσιμο	170	
E	DALY Smart (Προγ.) BMS για Μπαταρία LiFePO4 (LFP) 16S 48V	195	Προσεχώς		195
	Balancer Equalizer 5A 15s-17s	85			
	Προστίθεται ΦΠΑ ανάλογα με το τί προβλέπει ο Νόμος				
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ				
A	Max Discharge Rate: 1c. Peak Discharge Rate 2c, max Charge Rate 0.5c				
B	Max Discharge Rate: 1c. Peak Discharge Rate 2c, max Charge Rate 0.5c				
Γ	Max Discharge Rate: 3c. Peak Discharge Rate 5c, max Charge Rate 1c				
Δ	Max Discharge Rate: 200A, Peak Discharge Rate 400A, max Charge Rate 100A				
E	Max Discharge Rate: 200A, Peak Discharge Rate 400A, max Charge Rate 100A				
Γ	Με εξ ολοκλήρου πλαστικό περίβλημα				
	Εγγύηση 1 έτος, επεκτάσιμο για άλλα 2 χρόνια, με 10% επιπλέον κατά έτος				

Σχέδια

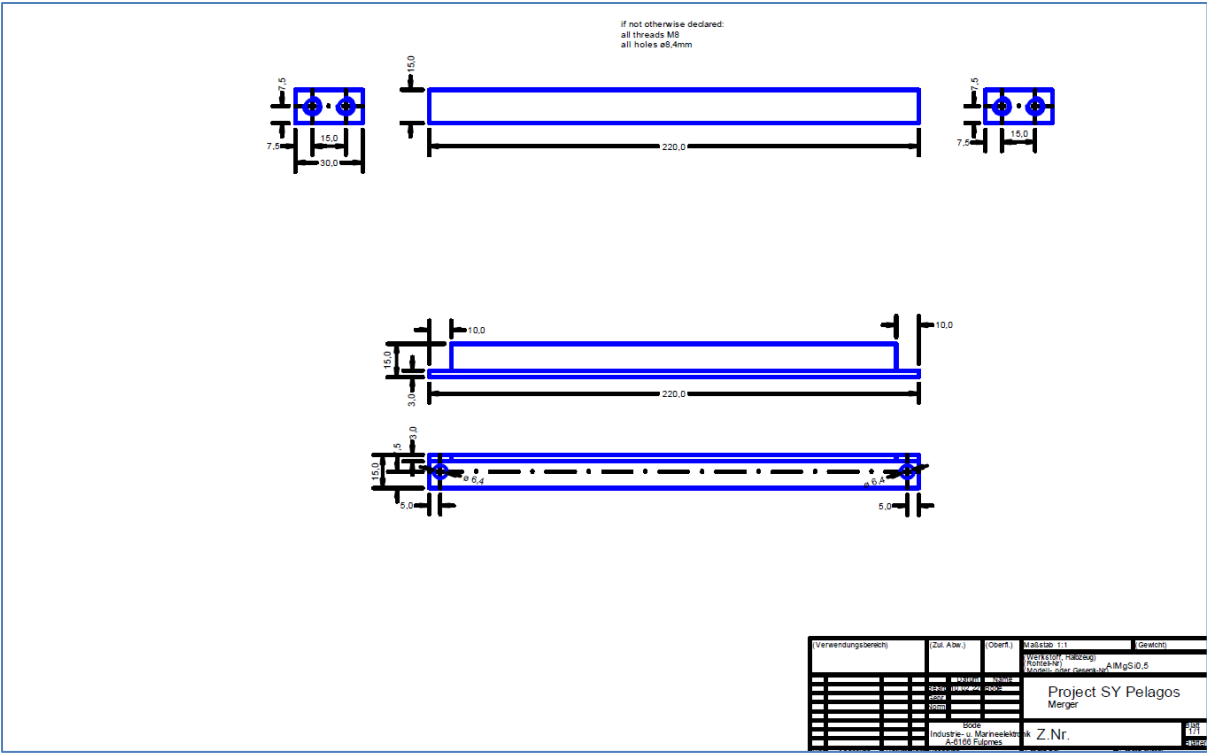




Σχέδιο 3: Gear Support Plate



Σχέδιο 4: Motor Support Plate



Σχέδιο 5: Merger

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Προδιαγραφές Κύριου Εξοπλισμού

Κινητήρας

Specifications

Model: HPM10KW -- High Power BLDC Motor---Electric Motorcycle Motor---Electric Boat Motor---Electric Car Motor

Voltage	48/72V/96V
Rated power	10KW
Peak power	20KW
Speed	3000-5000rpm
Rated torque	26Nm
Peak torque	85Nm
Efficiency	>90%
Dimension	20.6cm diameter, 17cm height
Weight	17kgs
Cooling	Air or liquid cooling

ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

EVE Energy Co., Ltd Model-LF230 (3.2V/230Ah)

General Technical Parameter

No.	Item		Parameter	Remark
1	Typical Capacity		230Ah	(25±2)°C , Standard charge and discharge
2	Typical Voltage		3.2V	
3	AC Impedance Resistance		≤0.30mΩ	
4	Standard charge and discharge	Charge/Discharge Current	0.5C/0.5C	(25±2)°C
		Charge/Discharge Cut-off Voltage	3.65V/2.5V	
5	Max Charge/Discharge Current	Continuous Charge/Discharge Current	1C/1C	Reference Continuous/Pulse Charge/Discharge Current Map
		Pulse Charge/Discharge Current (30s)	2C/2C	
6	Recommended SOC window		10%~90%	N.A.
7	Charging Working Temperature		0°C ~ 60°C	Reference Continuous/Pulse Charge/Discharge Current Map
8	Discharging Working Temperature		-30°C ~ 60°C	
9	Storage Temperature	Short Term(Within a Month)	-20°C ~ 45°C	N.A.
		Long Term(Within a Year)	0°C ~ 35°C	
10	Storage Humidity		<95%	
11	Monthly Self-discharge Rate		≤3%/M	(25±2)°C , Storage SOC 30%~50%SOC
12	Dimension	Width	173.93±0.5mm	Reference Appendix I
13		Thickness(300±20kgf , 40%SOC)	53.85±0.4mm	
14		High(total)	207.3±0.5mm	
15		High(subject)	204.6±0.5mm	
16		Tab Distance	123.0±0.3mm	
17	Weight		4.11±0.1kg	

Φωτοβολταϊκά

ASTROnergy PHOTOVOLTAIC MODULE

Maximum Power:	380.08W
Open Circuit Voltage (Voc):	41.34V
Short Circuit Current (Isc):	11.49A
Voltage at Pmax (Vmpp):	34.51V
Current at Pmax (Impp):	11.01A
Series Fuse Ratings:	20.0A
Maximum System Voltage:	1500V
Power Tolerance:	+5W
NOCT:	41 C
Module Application Class A	
Module Safety Class II	

Ανεμογεννήτρια

Wind Power Air-X 400W

SPECIFICATIONS

Turbine Type	Horizontal Marine Wind Turbine	Rotor Type	3 Blade Horizontal
Power Output	Approx. 30 kWh/mo at 5.8 m/s (13 mph) avg. wind speed	Blade Material	Plastic, Option for Silentwind 400 carbon fibre blades
Peak Power	400W	Body Construction	Cast aluminum with corrosion-resistant paint
Cut-in Wind Speed	3.6 m/s (8 mph)	Generator Type	Three phase brushless permanent magnet alternator
Rotor Diameter	1.17m	Control Mode	Microprocessor-based smart controller
Swept Area	1.07 m.sq	Overspeed Control	Electronic torque control
Mounting Pole	Requires 48mm outside diameter	Survival Wind Speed	110 mph (49.2 m/s)
Weight	5.9 Kg	Solar Input?	Can be used with a solar PV system
EPS Power Rating	Medium-High	Warranty	5 Years
EPS Noise Rating	Medium-High		

