



ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ
ΤΟΠΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ
ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ
ΧΩΡΙΣ ΟΡΥΚΤΑ
ΚΑΥΣΙΜΑ



Ιστιοπλοϊκή και ηλεκτροκίνητη θαλάσσια μεταφορά οικολογικών προϊόντων στο Αιγαίο: Η Αυτοδυναμία

ΦΑΣΗ 2

Δράση 3: Ιστιοπλοϊκές διαδρομές με ενεργειακή αυτονομία 4 seasons
Παραδοτέο Δ.3.2 Μελέτη ενεργειακής αυτονομίας 4 seasons

Καινοτόμες δράσεις με τους πολίτες
Άξονας Προτεραιότητας 4
Φυσικό περιβάλλον και καινοτόμες δράσεις 2023
Οκτώβριος 2024

Περιεχόμενα

ΣΥΝΟΨΗ.....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ : Προηγούμενες προσπάθειες.....	4
2. Αυτονομία PELAGO κατά τους δύο γύρους του Αιγαίου 2024.....	7
3. Ανάλυση της έννοιας αυτονομίας.....	7
4. Ενίσχυση του ηλεκτρικού, ηλιακού συστήματος πρόωσης.....	8
α) Μπαταρίες, εγκατάσταση και ενεργειακή επάρκεια	8
β) Φωτοβολταϊκά εγκατάσταση και αντοχή	10
γ) Ενεργειακή απόδοση του ηλιακού ηλεκτρικού συστήματος πρόωσης	12
5. Επάρκεια και περίσσειμα ηλιακής ενέργειας.....	17
Συμπεράσματα.....	18
Παράρτημα 1.....	19

ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΥ ΙΣΤΙΟΠΛΟΪΚΟΥ PELAGO

ΣΥΝΟΨΗ

Η εγκατάσταση επιπλέον φωτοβολταϊκών πάνελ και μπαταρίας με στόχο την αύξηση της ενεργειακής αυτονομίας του ηλεκτρικού-ηλιακού μεταφορικού ιστιοπλοϊκού PELAGO από 60 σε 90 NM με ταχύτητα 3 κόμβων, σε πραγματικές συνθήκες πλεύσης, όλες τις εποχές του χρόνου, ήταν ο στόχος του προγράμματος *Ιστιοπλοϊκή και ηλεκτροκίνητη θαλάσσια μεταφορά οικολογικών προϊόντων στο Αιγαίο: Η Αυτοδυναμία*.

Η βελτιστοποίηση έγινε με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών που ήταν διαθέσιμα στην αγορά, καθώς και με την τοποθέτηση μιας επιπλέον μπαταρίας plug & play 50 V, 230 Ah, 11.5 kWh και νέων κατακόρυφων ημι-εύκαμπτων φωτοβολταϊκών συνολικής ισχύος 900 W.

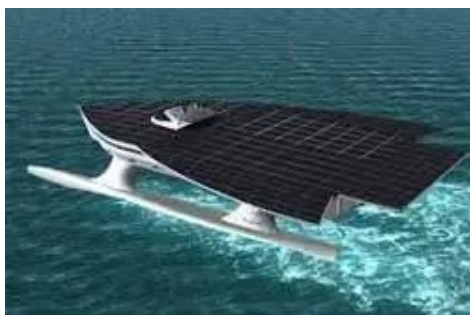
Τόσο η φυσική εγκατάσταση της μπαταρίας όσο και των φωτοβολταϊκών στα “ρέλια” του σκάφους έγιναν με επιτυχία και δεν παρουσίασαν κανένα πρόβλημα κατά τη διάρκεια των δύο δοκιμαστικών γύρων του Αιγαίου με συνολική διαδρομή 1400 NM.

Η ηλεκτρική απόδοση της βελτιωμένης εγκατάστασης βρέθηκε επαρκής για την αυτονομία διάνυσης 90 NM, οι μπαταρίες παρέμεναν σε εναπομένονσα φόρτιση άνω του 65 % και σε πλήρη ή σχεδόν πλήρη φόρτιση άνω του 50% της διάρκειας των διαδρομών. Δεν χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί καμία επαναφόρτιση από το δίκτυο, χρησιμοποιήθηκε μόνο η ηλιακή ενέργεια. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρξε περίσσειμα ηλιακής ενέργειας που δεν μπορούσε να αξιοποιηθεί λόγω του κορεσμού των μπαταριών, η οποία θα ήταν ικανή να επιτρέψει ενεργειακή αυτονομία ακόμη και σε δυσκολότερες καιρικές συνθήκες. Να σημειωθεί ότι υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω αύξησης της αυτονομίας με την εισαγωγή βελτιωμένης απόδοσης φωτοβολταϊκών και μπαταριών καθώς και αξιοποίησης του υπάρχοντος περισσεύματος ενέργειας για θερμική χρήση.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ : Προηγούμενες προσπάθειες

Η προσπάθεια αξιοποίησης του ανέμου και της ηλιακής ενέργειας για τις θαλάσσιες μεταφορές αναπτύχθηκε με την διάδοση της γνώσης γύρω από την κλιματική αλλαγή και την ανάγκη απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Από το 2010 άρχισαν να μεταφέρουν στον Ατλαντικό ωκεανό προϊόντα τα πρώτα μεταφορικά ιστιοπλοϊκά Tres Hombres, Avontuur κ.α. Όμως η χρήση θερμικού κινητήρα για τις μανούβρες στα λιμάνια, παρέμενε

Η απόλυτη αυτονομία με ηλεκτρικό κινητήρα και ηλιακή ή και υδραυλική ενέργεια κατά την ιστιοπλοΐα αντιμετωπίστηκε μέχρι σήμερα μόνο με δύο ερευνητικά σκάφη των οποίων η κατασκευή και χρήση σκόπευε στην επιστημονική μελέτη της αυτονομίας και όχι τις θαλάσσιες μεταφορές.



Το Ελβετικής έμπνευσης καταμαράν Planet Solar¹ χωρίς ιστία κατασκευάστηκε με στόχο να αποδείξει μετά τον εναέριο γύρο του κόσμου με το ηλιακό αεροπλάνο Solar Impulse την δυνατότητα αυτόνομου περίπλου της γης με μόνο ηλιακή ενέργεια. Ο γύρος ολοκληρώθηκε μεταξύ των ετών 2010 και 2012. Το ίδιο σκάφος συνεχίζει ερευνητική δράση έκτοτε.

Το γαλλικής έμπνευσης καταμαράν Energy Observer² συνδύασε την ιστιοπλοϊκή πρόωση με ηλεκτρικούς κινητήρες, ηλιακή και υδραυλική ενέργεια που συμπληρώνεται με αποθήκευση σε μπαταρίες αλλά και υδρογόνο. Σύντομα ολοκληρώνει το πενταετές ερευνητικό πρόγραμμα και θα αποσυρθεί προσωρινά.



Και τα δύο ανωτέρω σκάφη είναι ερευνητικά εργαλεία υψηλού κόστους και δεν σχεδιάστηκαν για θαλάσσιες μεταφορές που απαιτούν χαμηλό κόστος για εμπορική εκμετάλλευση.

Μέχρι σήμερα το μοναδικό μεταφορικό, ενεργειακά αυτόνομο ιστιοπλοϊκό σκάφος είναι το PELAGO. Υπάρχει υπό κατασκευή στην Costa Rica το Ceiba³ που όχι μόνο σχεδιάζεται να είναι ηλεκτρικό αυτόνομο μεταφορικό ιστιοπλοϊκό αλλά και κατασκευάζεται οικολογικά από τοπική ξυλεία.

¹ <https://www.ship-technology.com/projects/planetsolar/>

² <https://www.energy-observer.org/>

³ <https://www.sailcargo.inc/en/ceiba>

Ωστόσο τα οκτώ νέας καθέλκυσης μεταφορικά ιστιοπλοϊκά των τελευταίων τριών ετών έχουν όλα κινητήρες ντίζελ για την βοηθητική κίνηση. Είναι κατά σειράν καθέλκυσης / χρήσης τα εξής:

Grain de Sail 24m, Grain de Sail II 50m, 	Canopée 121 m special Ariane rocket transport 
Anemos και Artémis TOWT 80m 	Juren Ae 48 m 
Υπό κατασκευή στην Τουρκία και την Ταϊλάνδη δύο ιστιοπλοϊκά μεταγωγικά 130 m σχεδιασμένα από την γαλλική Neoline για εκμετάλλευση από την Corsica Ferries. 	Στην Πολωνία έχει προαναγγελθεί η καθέλκυση του πρώτου σειράς αυτόνομων ιστιοπλοϊκών ηλιακών καταμαράν της εταιρίας SunReef που προορίζονται για την αγορά αναψυχής υψηλής ποιότητας.

Η Γαλλική εταιρία Vela κατασκευάζει στην Αυστραλία το πρώτο ιστιοπλοϊκό σκάφος Τριμαραν μεταφορικό για υψηλής αξίας προϊόντα στον Βόρειο Ατλαντικό. Έχει σχεδιαστεί για 100% χρήση αιολικής ενέργειας με καθέλκυση προβλεπόμενη το 2025.



Ο ανωτέρω κατάλογος μεταφορικών ιστιοπλοϊκών δείχνει την ταχύτατη εξέλιξη του κλάδου με σαφή υπεροχή της Γαλλίας σήμερα. Σκανδιναβικές εταιρείες έχουν επίσης σχέδια κατασκευής μεγάλων μεταφορικών ιστιοπλοϊκών αλλά χωρίς συγκεκριμένες ημερομηνίες εφαρμογής.

Τέλος υπερβαίνουν τον αριθμό 50 τα εμπορικά μεταφορικά πλοία που έχουν εγκαταστήσει και χρησιμοποιούν διάφορα συστήματα βοηθητικής αιολικής πρόωσης για την εξοικονόμηση ενός μέρους των καυσίμων. Αυτά περιλαμβάνουν αετούς (kite), περιστροφικά συστήματα Fletner, άκαμπτα συστήματα ιστίων διαφόρων ειδών μέχρι και φουσκωτά ιστία.

Ο ρόλος του PELAGO στην νέα αυτή παγκόσμια τάση ιστιοπλοϊκών μεταφορών είναι η απόδειξη της αιολικής, ηλιακής ηλεκτρικής μεταφορικής αυτονομίας στην Ελλάδα και ιδιαίτερα στο Αιγαίο όπου επικρατούν συνθήκες ανέμου, ηλιοφάνειας, μικρών αποστάσεων μεταξύ νησιών και μικρών σε όγκο αναγκών μεταφοράς ανά νησί. Το ίδιο σύστημα μεταφοράς σε αρχιπέλαγο μπορεί να εφαρμοστεί ανά την υδρόγειο. Το μικρό μέγεθος προσαρμόζεται στις γεωγραφικές, κλιματικές και εμπορικές συνθήκες, δημιουργεί παράδειγμα για τους ανθρώπους της θάλασσας και προλειαίνει την επέκταση σε μεγαλύτερο δίκτυο ιστιοπλοϊκής σύνδεσης των νησιών τα επόμενα χρόνια.

Η μελέτη της αυτονομίας καθόλη την διάρκεια του έτους είναι το θέμα του παρόντος προγράμματος. και παρουσιάζεται κατωτέρω. Η περιγραφή των δύο γύρων του Αιγαίου κατά τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο 2024 έχει κατατεθεί ως ξεχωριστή έκθεση όπως και η μελέτη προμήθειας και εγκατάστασης του νέου εξοπλισμού. Η

παρούσα μελέτη περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης και αυτονομίας καθώς και τον τρόπο εγκατάστασης των νέων ημι εύκαμπτων φωτοβολταϊκών.

2. Αυτονομία PELAGO κατά τους δύο γύρους του Αιγαίου 2024

Οι δύο γύροι του Αιγαίου σχεδιάστηκαν για να επιβεβαιώσουν στην πράξη την αυτονομία σε ακτοποϊκές διαδρομές μεταξύ των νησιών, ενώ υπόψιν ελήφθησαν και οι συνθήκες για την διάσχιση του Ιονίου προς Σικελία και περαιτέρω τα λιμάνια της Βόρειας Ιταλίας μέχρι και Γαλλίας.

Οι μακρύτερες διαδρομές χωρίς δυνατότητα ενδιάμεσου ελλιμενισμού στην Ελλάδα είναι μικρότερες από 90 NM. Οι δύο μακρύτερες διαδρομές για το πέρασμα του Ιονίου είναι 230 NM (Κεφαλονιά) και 300 NM (Πύλος). Η προηγούμενη εμπειρία αυτών των διαδρομών αποδεικνύει ότι κατά μέσο όρο το 85% της διαδρομής διανύεται με την αιολική ενέργεια, τα πανιά, ενώ η ηλεκτρική πρόωση συμπληρώνει το υπόλοιπο 15% των διαδρομών και την είσοδο-έξοδο από τα λιμάνια. Η αυτονομία ηλεκτροκίνησης στόχευε να καλύπτει σε συνθήκες πλήρους άπνοιας 90 NM με ταχύτητα 3 κόμβων (kt) ώστε οποιαδήποτε διαδρομή στο Αιγαίο να είναι δυνατόν να ολοκληρωθεί χωρίς αιολική ενέργεια και το 15% της μακρύτερης διάσχισης του Ιονίου (45 NM) να υπερκαλύπτεται. Η διάσχιση του Ιονίου επιτεύχθηκε το 2022 και στις δύο κατευθύνσεις όταν η προβλεπόμενη αυτονομία ήταν 60 NM. Όμως παρουσιάστηκε χαμηλή εναπομένονσα φόρτιση μπαταριών τόσο το φθινόπωρο 2022 στην Ιταλία όσο και την άνοιξη 2023 στις Κυκλάδες σε συνθήκες παρατεταμένης σχετικής άπνοιας και ανάγκης ταχύτερης πορείας. Η πρώτη λόγω ωραρίου παλίστροφας στο στενό της Μεσσίνας το 2022 και η δεύτερη λόγω χρονικής στενότητας του προγράμματος των δημοσιογράφων που συμμετείχαν το 2023.

Για τους λόγους αυτούς ζητήθηκε η χρηματοδότηση της επέκτασης αυτονομίας ώστε να εξαλειφθούν αυτές οι αδυναμίες στο μέλλον και να αποδειχθεί η αυτονομία μέχρι τα 90 NM σαν παράδειγμα των δυνατοτήτων προς τους επαγγελματίες της θάλασσας και το κοινό γενικότερα.

3. Ανάλυση της έννοιας αυτονομίας

Η πλήρης αυτονομία πλεύσης με ηλεκτροκίνητο ηλιακό ιστιοποϊκό εξαρτάται κυρίως από την αιολική ενέργεια κατά μέσο όρο για το 85% των διαδρομών. Λόγω μεταβλητότητας των ανέμων είναι πιθανή ακόμη και ανάγκη κάλυψης μιας διαδρομής με 100% ηλεκτρική πρόωση. Εφόσον ο άνεμος επανέρχεται και οι επόμενες διαδρομές καλύπτονται κυρίως με αιολική ενέργεια τα φωτοβολταϊκά επαναφορτίζουν τις μπαταρίες για την συνέχιση των διαδρομών. Στην περίπτωση διάσχισης του Ιονίου εφαρμόζεται η κλασσική τεχνική της αναμονής για “παράθυρο ανέμου” ώστε να υπάρχει επαρκής και όχι υπερβολική αιολική ενέργεια κατά τις δύο ή τρεις ημέρες της

διαδρομής. Συχνά οι άνεμοι είναι επαρκείς κοντά στην Ελλάδα και την Ιταλία αλλά μειώνονται στη μέση της διαδρομής μέχρι να αλλάξουν πορεία από Βόρειοι σε Νότιοι ή αντίθετα. Η ηλεκτροκίνηση συμπληρώνει σε αυτές τις συνθήκες την συνέχιση της πορείας.

Αυτές οι εμπειρικές και υπολογιστικές προβλέψεις χρειάστηκε να επιβεβαιωθούν πρακτικά στο διάστημα των δύο γύρων του Αιγαίου εκ των οποίων ο πρώτος άρχισε τις τελευταίες ημέρες του Φεβρουαρίου ώστε να είναι κυρίως σε συνθήκες πριν από την Εαρινή Ισημερία με μειωμένη διάρκεια ημέρας και ένταση ηλιοφάνειας λόγω νεφοκάλυψης, βροχής και συχνά αφρικανικής σκόνης. Ο δεύτερος ακολούθησε στα μέσα Μαΐου ώστε οι συνθήκες να είναι πλησιέστερα στο ηλιοστάσιο του Ιουνίου. Οι μήνες Ιανουάριος και Φεβρουάριος δεν χρησιμοποιήθηκαν λόγω των επικίνδυνων καιρικών συνθηκών στο Αιγαίο για το μικρό πειραματικό μέγεθος του PELAGO.

Η ηλεκτρική ηλιακή αυτονομία βασίζεται σε τέσσερις ανεξάρτητες παραμέτρους:

1. Την ικανότητα φορτίου των μπαταριών σε σχέση με την μέγιστη χρησιμοποιούμενη ισχύ του κινητήρα
2. Την ικανότητα επαναφόρτισης των μπαταριών από τα φωτοβολταϊκά μετά την χρήση μέρους της ενέργειας από τον κινητήρα για πρόωση και για τα ψυγεία, αυτόματο πιλότο, όργανα και φωτισμό.
3. Τον διατιθέμενο χρόνο φόρτισης κατά τις ώρες ηλιοφάνειας μέχρι την επόμενη χρήση του κινητήρα.
4. Την ύπαρξη πλεονάσματος ηλιακής ενέργειας μετά τη επαναφόρτιση των μπαταριών κατά τις διαδρομές για την δυνατότητα μελλοντικής κάλυψης θερμικών αναγκών κουζίνας, ζεστού νερού και κλιματισμού καθώς και συμπληρωματικής πρόωσης όταν ο άνεμος αποδίδει μικρή ταχύτητα πλεύσης.

Και οι τέσσερις ανωτέρω παράμετροι επηρεάζονται έντονα από τις πραγματικές συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες των διαδρομών όπως: ευνοϊκός άνεμος ή απουσία ανέμου, ένταση και διάρκεια ηλιοφάνειας, θερμοκρασία αέρος που μεταβάλλει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση φωτοβολταϊκών (αρνητικός θερμοκρασιακός συντελεστής) , επιτάχυνση για να αντιμετωπιστούν ανάγκες άφιξης σε λιμάνι λόγω καιρού ή μετεπιβίβασης και απρόβλεπτα. Αυτή η μεταβλητότητα απαιτεί την δοκιμή σε πραγματικές συνθήκες ώστε να επιβεβαιωθεί η επαρκής σχεδίαση του ηλιακού βοηθητικού συστήματος πρόωσης.

4. Ενίσχυση του ηλεκτρικού, ηλιακού συστήματος πρόωσης

α) Μπαταρίες, εγκατάσταση και ενεργειακή επάρκεια

Η ενίσχυση του ηλεκτρικού, ηλιακού συστήματος πρόωσης έγινε με κριτήριο τη μεγιστοποίηση τόσο της ισχύος μπαταριών όσο και των φωτοβολταϊκών.

Ο περιορισμός για την αύξηση της ισχύος των μπαταριών συνίσταται τόσο στο βάρος όσο και στον διαθέσιμο χώρο για την εγκατάστασή τους. κατά την πρώτη φάση μετατροπής σε ηλεκτροκίνηση είχαν επιλεγεί δύο μπαταρίες λιθίου LiFePo 48V, 230Ah παραγωγής EVE η επιλογή των νέων προστιθέμενων μπαταριών έπρεπε να είναι είτε ακριβώς του ίδιου τύπου ή πολύ συγκρίσιμου ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα συνδεσιμότητας. Στο διάστημα των δύο ετών από την πρώτη εγκατάσταση το 2022 μέχρι τέλος 2023 η εξέλιξη των μπαταριών παρείχε τη δυνατότητα αγοράς ολοκληρωμένου συστήματος plug & play αντί της συναρμολόγησης 16 στοιχείων 3.2 V όπως έγινε το 2022. Το ολοκληρωμένο σύστημα σε κλειστό μεταλλικό κουτί ήταν διαθέσιμο πρακτικά στην ίδια τιμή με την αγορά ξεχωριστών στοιχείων και των συστημάτων ελέγχου: BMS και Equaliser. Επιλέχθηκε η λύση του ολοκληρωμένου συστήματος plug & play.

Το βάρος των δύο υφιστάμενων μπαταριών που είναι 130 kg αντιστοιχούσε σχεδόν ακριβώς στο βάρος του προηγούμενου πλήρους δοχείου πετρελαίου και την μείωση του βάρους από κινητήρα ντίζελ σε ηλεκτρικό. Η προσθήκη μιας ακόμη μπαταρίας συνολικού βάρους 65kg επιβαρύνει την ισορροπία πλεύσης του ιστιοπλοϊκού στο λειτουργικό όριο και δεν επιτρέπει περαιτέρω προσθήκη βάρους στο χώρο του μηχανοστασίου. Ο όγκος της νέας μπαταρίας είναι επίσης οριακός για τον εναπομείναντα χώρο. Λόγω του μικρού μεγέθους του PELAGO δεν υπάρχουν άλλοι χώροι εγκατάστασης μεγάλων μπαταριών. Επομένως η προσθήκη της τρίτης μπαταρίας πρέπει να θεωρηθεί ότι είναι στο όριο των δυνατοτήτων για τελική εξέλιξη. Για την ασφαλή εγκατάσταση σχεδιάστηκε σύστημα συναρμολογούμενου μεταλλικού πλαισίου που επιτρέπει την τοποθέτηση της νέας μπαταρίας πάνω από την ξύλο κατασκευή πλαίσιο τοποθέτησης για τις δύο προηγούμενες μπαταρίες. Παρέχεται και η δυνατότητα απεγκατάστασης εάν απαιτηθεί για λόγους μηχανικής συντήρησης του συστήματος πρόωσης.

Το νέο σύνολο των τριών μπαταριών έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά 50V, 690Ah, μέγιστη ισχύ 34 kW και συνολική αποθήκευση ενέργειας 34 kWh. Η ισχύς των μπαταριών είναι υπερτριπλάσια της ονομαστικής ισχύος του κινητήρα 10 kW και υπερκαλύπτει την στιγμιαία δυνατότητα ισχύος, για επείγουσα ανάγκη, του κινητήρα που είναι 20 kW.

Ο υπολογισμός της αυτονομίας ηλεκτροκίνησης βασίστηκε στην πειραματική μέτρηση της ταχύτητας του PELAGO στους 3 kt (κόμβους) που απαιτεί ισχύ 1.0 kW σε συνθήκες άπνοιας και πλήρως ακύμαντης θάλασσας. Η συνολική φόρτιση των μπαταριών επαρκεί επομένως για πορεία επί 30 ώρες με σχετικά αργή εκφόρτιση κάτω του 3% της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής. Η μέγιστη απόσταση που καλύπτεται υπό αυτές τις συνθήκες χωρίς καμία επιπλέον φόρτιση της μπαταρίας ανέρχεται σε 90 NM. Σε πραγματικές συνθήκες σε διάρκεια πλεύσης 30 ωρών τα φωτοβολταϊκά επαναφορτίζουν κατά τη διάρκεια 10 έως 20 ωρών, ανάλογα με την εποχή και την ώρα εκκίνησης, κατά την διάρκεια της ημέρας και αυξάνουν την αυτονομία μέχρι και 30 επιπλέον NM.

Η κατανάλωση ενέργειας 1kW για ταχύτητα 3 kt επιβεβαιώθηκε επανειλημμένα κατά τους δύο γύρους του Αιγαίου σε διαδρομές έως και 10 NM. Επίσης δεν χρειάστηκε να γίνει καμία φόρτιση από το ηλεκτρικό δίκτυο κατά τη διάρκεια των γύρων που κάλυψαν 1200 NM. Το μέγεθος των μπαταριών αποδείχθηκε επαρκές για την αυτονομία 90 NM.

Μικρές διακυμάνσεις τάσης σε λίγα στοιχεία από τα 48 των τριών σύνθετων μπαταριών παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια των δύο γύρων. Για την απόλυτη εξασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας των τριών μπαταριών αποφασίστηκε η αγορά ενός ανταλλακτικού BMS και ενός Equaliser για την περίπτωση βλάβης σε μία από τις τρεις μπαταρίες. Υπήρχαν ήδη δύο ανταλλακτικά στοιχεία των 3.2 V για τον ίδιο λόγο.

β) Φωτοβολταϊκά εγκατάσταση και αντοχή

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών σε οριζόντια τοποθέτηση στο PELAGO είχε ήδη φτάσει στο όριο του διαθέσιμου χώρου από το 2022. Συγκεκριμένα είχε ήδη καλυφθεί πλήρως η επιφάνεια 3.6 m² πάνω από το χειριστήριο (Cock Pit) και του όπισθεν προβόλου επίσης 3.6 m² όπως φαίνονται στην επόμενη φωτογραφία. Δεν είναι δυνατή η αξιοποίηση άλλων οριζόντιων επιφανειών χωρίς λειτουργικά προβλήματα.

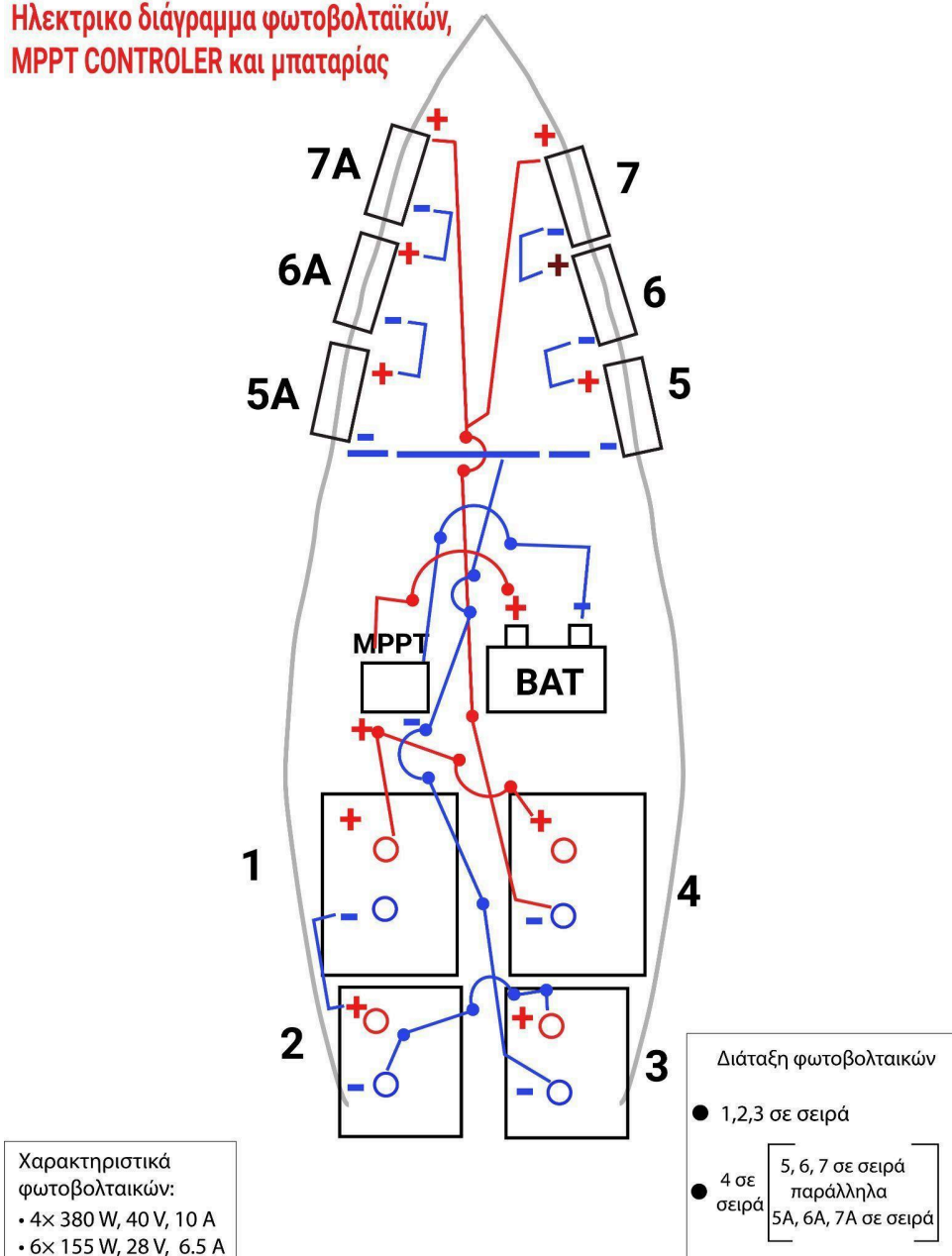
Ήδη ο όπισθεν πρόβολος ήταν πειραματικός και αποδείχθηκε προβληματικός επειδή έπρεπε να είναι ελαφράς αλλά και ανθεκτικής κατασκευής. Οι θυελλώδεις άνεμοι του Αιγαίου γκρέμισαν την μεταλλική κατασκευή δύο φορές στο καρνάγιο του Λαυρίου, το 2022 και το 2024, μία φορά σε διαδρομή προς Κέα το 2022. Και τις τρεις φορές επιδιορθώθηκε με βελτιώσεις όπως διαμπερείς βίδες σύνδεσης, ανοξείδωτες βίδες με παξιμάδια ασφαλείας, ενίσχυση σωλήνων στήριξης και χιαστί τοποθετημένα συρματόσχοινα μέχρις ότου σταθεροποιήθηκε και δεν παρουσίασε νέα προβλήματα μετά από 3 ολόκληρους γύρους του Αιγαίου από Φεβρουάριο μέχρι Αύγουστο του 2024. Προφανώς έχει δοθεί η τελική λύση για τα οριζόντια φωτοβολταϊκά.

Η μόνη δυνατότητα αύξησης ισχύος φωτοβολταϊκών ήταν η αξιοποίηση της κατακόρυφης επιφάνειας που προσφέρουν τα συρματόσχοινα ασφαλείας του σκάφους τα “ρέλια” στο εξωτερικό όριο του σκάφους. Οι απαιτήσεις για την αξιοποίηση αυτού του χώρου ήταν πολύπλοκες:

- 1) Σκληρά φωτοβολταϊκά εκτεθειμένα στην εξωτερική περίμετρο του σκάφους θα ήταν εύθραυστα σε περίπτωση χτυπήματος από σκληρά αντικείμενα ή και από ισχυρά κύματα. ο 2023 άρχισαν να γίνονται διαθέσιμα στην αγορά ημι εύκαμπτα φωτοβολταϊκά διπλής όψης που εκτιμήθηκε ότι θα άντεχαν στη μηχανική καταπόνηση.
- 2) Οι διαστάσεις των φωτοβολταϊκών έπρεπε να προσαρμόζονται στις διαστάσεις των ρελιών 1500x600 mm ώστε να αντιστοιχούν στις οριζόντιες αποστάσεις ανάμεσα σε διαδοχικές κολώνες και το ύψος τους.

- 3) Η ηλεκτρική σύνδεση τους έπρεπε να δίνει τιμές max V και max A που να επιτρέπουν τη σύνδεση τους με τα υπάρχοντα οριζόντια φωτοβολταϊκά. Τελικά έγινε ειδική παραγγελία κατευθείαν στην εταιρεία SunGold που δέχθηκε να κατασκευάσει στις διαστάσεις και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που ζητήσαμε.
- 4) Εγκαταστάθηκαν 6 μονάδες στα τρία πρώτα ανοίγματα του προστατευτικού κιγκλιδώματος στις δύο πλευρές του PELAGO όπως φαίνονται στην φωτογραφία. Τα δύο άλλα ανοίγματα δεν προσφέρονται διότι χρησιμοποιούνται για τις σκότες της Genoa και τα πρυμναία παλαμάρια. Η απλή εγκατάστασή τους χρησιμοποιώντας μόνο 4 σημεία στήριξης στις γωνίες των φωτοβολταϊκών στο άνω συρματοσχοίνο ασφαλείας και στο κάτω ειδικά τοποθετημένο σχοινί θεωρήθηκε πειραματική, προς βελτίωση, αλλά αποδείχθηκε επαρκής κατά τη διάρκεια των γύρων του Αιγαίου.

**Ηλεκτρικό διάγραμμα φωτοβολταϊκών,
MPPT CONTROLLER και μπαταρίας**



- 5) Η αντοχή των κατακόρυφων εύκαμπτων φωτοβολταϊκών στις δύσκολες συνθήκες ισχυρών ανέμων, κυμάτων, διάβρωσης και γενικά μηχανικής και χημικής καταπόνησης θεωρήθηκε επίσης αβέβαιη και έτσι αγοράστηκαν 6 επιπλέον ανταλλακτικά φωτοβολταϊκά ώστε να χρησιμοποιηθούν σε ανάγκη αντικατάστασης λόγω βλάβης. Στη διάρκεια των δύο γύρων του Αιγαίου αποδείχθηκε η απόλυτη αντοχή τους. Μια μόνο φορά χρειάστηκε επιδιόρθωση σε μία από τις 36 καλωδιακές συνδέσεις. Προληπτικά ίσως απαιτηθεί η ανανέωση των συνδέσεων ανά 1 έως 2 χρόνια λόγω των έντονα διαβρωτικών συνθηκών. Η τελική ηλεκτρική συνδεσμολογία των φωτοβολταϊκών, φορτιστή MPPT και μπαταριών φαίνεται στο επόμενο σχέδιο.

γ) Ενεργειακή απόδοση του ηλιακού ηλεκτρικού συστήματος πρόωσης

Ενώ η αυτονομία πρόωσης σε μοναδικό περιστατικό σχετικής ή απόλυτης άπνοιας εξαρτάται από την ικανότητα αποθήκευσης της μπαταρίας, η αυτονομία σε μακροχρόνια και μεγάλων αποστάσεων ταξίδια εξαρτάται από την ικανότητα επαναφόρτισης της μπαταρίας από τα φωτοβολταϊκά. Η μέση ικανότητα επαναφόρτισης από τα φωτοβολταϊκά πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την μέση συνολική κατανάλωση ενέργειας, κυρίως για την ηλεκτρική πρόωση, όταν απαιτείται, και τις συνεχείς ανάγκες κατανάλωσης ψυγείων, αυτόματου πιλότου, ηλεκτρονικών οργάνων και φωτισμού.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στο PELAGO που έφτασε στο όριο των διαθέσιμων οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών συνολικά 12.6 m² και συνολική ονομαστική μέγιστη ισχύ 2.5 kW. Η πρακτική ικανότητα επαναφόρτισης είναι μεταβλητή, εξαρτάται από καιρικές συνθήκες, εποχιακή μεταβολή του ηλιακού ζενίθ και της διάρκειας της ημέρας καθώς και από την έκθεση των φωτοβολταϊκών που επηρεάζεται από την πορεία του σκάφους και συχνά από την σκιά που τα πανιά δημιουργούν. Οι δύο γύροι του Αιγαίου συμβάλουν στην αξιολόγηση της επάρκειας της ηλιακής ενέργειας σε πραγματικές συνθήκες Αιγαίου Πελάγους και γενικότερα της Μεσογείου για την βοηθητική ηλεκτρική ηλιακή πρόωση ιστιοπλοϊκού σκάφους.

Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν η καταγραφή των κύριων καιρικών συνθηκών και πλεύσης καθώς και αυτόματη καταγραφή της φόρτισης από τα φωτοβολταϊκά. Η αυτόματη καταγραφή παρατίθεται στις επόμενες 5 γραφικές παραστάσεις που καλύπτουν 31 ημέρες η κάθε μία αρχίζοντας από το τέλος Φεβρουαρίου 2024 με λίγες ημέρες αλληλοεπικάλυψης ώστε να αποφευχθούν κενά ημερών πλεύσης.



18/2 έως 19/3



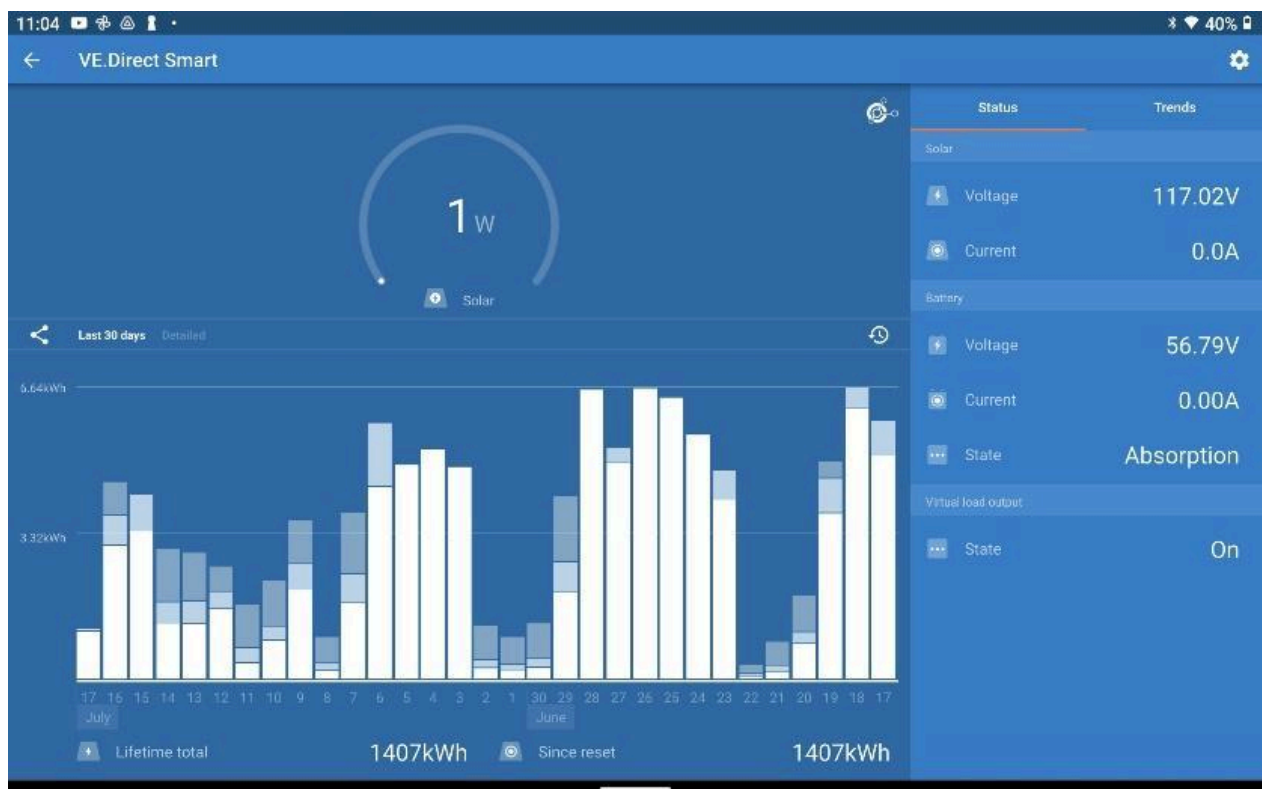
11/3 έως 10/4



27/4 έως 27/5



27/5 έως 26/6



17/6 έως 17/7

Ο πίνακας καταγραφής παρατίθενται στο παράρτημα 1 και χρησιμοποιείται για να εξηγήσει τις μεταβλητές συνθήκες φόρτισης/εκφόρτισης και το επίπεδο απομένουσας ενέργειας της μπαταρίας. Κατά τον δεύτερο γύρο συνδέθηκε δεύτερο μεγαλύτερο ψυγείο που αντιπροσωπεύει τις πραγματικές συνθήκες χρήσης του PELAGO ως μεταφορικό ιστιοπλοϊκό και αύξησε την συνεχή κατανάλωση ενέργειας κατά 500 Wh/ημέρα.

Η τιμή της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας ανά ημέρα αντιστοιχεί στο ύψος κολώνας του γραφήματος. Οι κολώνες που είναι μόνο λευκές αντιστοιχούν σε ημέρες κατά τις οποίες δεν επιτεύχθηκε κορεσμός της μπαταρίας και συνεχίζεται η φόρτιση στην μέγιστη υπάρχουσα ισχύ. Αντίθετα αυτές με γκρι άνω ζώνες δείχνουν συνθήκες πλήρους φόρτισης και συνθηκών απορρόφησης και ισορροπίας της φορτισμένης μπαταρίας.

Κατά τον πρώτο γύρο του Αιγαίου από τις 28 Φεβρουαρίου μέχρι τις 4 Απριλίου όπου το PELAGO ήταν σε κίνηση η μπαταρία έφτασε την πλήρη φόρτιση 21/36 ημέρες. Κατά τον δεύτερο γύρο από τις 8 Μαΐου μέχρι τις 10 Ιουλίου η πλήρης φόρτιση επιτεύχθηκε 21/63 ημέρες.

Οι διαφορές τόσο της ισχύος φόρτισης από τα φωτοβολταϊκά όσο και της κατανάλωσης κυρίως από τον κινητήρα είναι εμφανείς από την ανάγνωση των γραφικών παραστάσεων. Συγκρίνοντας την συνολική ημερήσια συλλογή ενέργειας μέσα στο χρόνο όταν οι μπαταρίες δεν φτάνουν σε

κορεσμό, στο τέλος Φεβρουαρίου και αρχές Μαρτίου, με συνθήκες χειμερινές, η τιμή είναι μόνο 2.7 kWh/ημέρα. Αυξάνεται σε 4.5 kWh/ ημέρα στις 7 Μαρτίου, σε 6.25 kWh /ημέρα στις 15 Μαρτίου, σε 5.79 kWh /ημέρα στις 3 Απριλίου, σε 6.59 kWh /ημέρα στις 20 Μαΐου και στην μέγιστη τιμή 7.44 kWh/ημέρα στις 30 Μαΐου. Η μέγιστη τιμή συμπίπτει χρονικά με τις καλύτερες ατμοσφαιρικές συνθήκες του τέλους Μαΐου. Στη συνέχεια η αύξηση της υγρασίας, της σκόνης στην ατμόσφαιρα και η αύξηση της θερμοκρασίας που μειώνει σημαντικά την απόδοση των φωτοβολταϊκών οδηγούν σε συνεχή μείωση της συλλογής ηλιακής ενέργειας.

Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται σημαντικά στον δεύτερο γύρο του Αιγαίου όταν επικρατούν συνθήκες χαμηλών ανέμων μέχρι άπνοιας που υποχρεώνουν σε συνεχή χρήση του κινητήρα σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Χαρακτηριστικές διαδρομές με μεγάλη κατανάλωση αναφέρονται κατωτέρω:

- Χίος προς Ικαρία 15/3
- Σύρος προς Κύθνο 1/4
- Κέα προς Άνδρο 8/5
- Κέα προς Άνδρο 19/5
- Άνδρος προς Σκύρο 22,23/5
- Αλόνησος προς Λήμνο 29/5
- Αη Στράτης προς Λέσβο 1/6
- Χίος προς Ικαρία 6/6
- Τέλενδος, Κάλυμνος, Τέλενδος 11/6
- Σίφνος προς Πάρο 23/6
- Πάρος προς Ικαρία (μη ολοκλήρωση) 24/6
- Ικαρία προς Τήνο 4/7

Είναι προφανές από τον ανωτέρω κατάλογο ότι υπήρξε μεγάλη συγκέντρωση περιόδων σχετικής άπνοιας κατά τον δεύτερο γύρο του Αιγαίου. Ταυτόχρονα υπήρξαν και περίοδοι θυελλωδών ανέμων που υποχρέωσαν σε ακινησία το PELAGO σε λιμάνι ή σε άγκυρα στην Άνδρο, τη Λήμνο, τη Χίο, την Ικαρία τη Σίφνο, την Κύθνο. Γενικά οι καιρικές συνθήκες δεν ήταν ευνοϊκές τις περισσότερες ημέρες. Παρ' όλα αυτά δεν χρειάστηκε ποτέ να φορτιστεί η μπαταρία από το δίκτυο. Τα φωτοβολταϊκά επαρκούσαν ακόμη και στις δυσκολότερες συνθήκες για να επαναφορτίζουν τις μπαταρίες. Οι λεπτομέρειες των συνθηκών των διαδρομών παρουσιάζονται στον πίνακα του Παραρτήματος 1.

Η εκφόρτιση των μπαταριών ήταν πάντα λιγότερη από 40%.

Το χαμηλότερο επίπεδο παραμένουσας φόρτισης ήταν 68% στις 9/5 στην Άνδρο, μετά από μακρά διαδρομή με ανεπαρκή άνεμο και 70% στις 24/6 στην Πάρο μετά από αποτυχημένη διαδρομή προς Ικαρία και επιστροφή στη Νάουσα λόγω ανεπαρκούς ανέμου και παραμένοντος κυματισμού.

- Εναπομένουσα Φόρτιση κάτω του 80% μετρήθηκε σε 9 ημέρες
- Εναπομένουσα Φόρτιση κάτω του 90% μετρήθηκε σε 35 ημέρες
- Εναπομένουσα Φόρτιση κάτω του 95% μετρήθηκε σε 47 ημέρες

Η φόρτιση άνω του 95% θεωρείται πρακτικά σχεδόν πλήρης.

Σε σύνολο 99 ημερών που αντιστοιχούν σε δύο πλήρεις γύρους του Αιγαίου οι μπαταρίες ήταν μερικά αποφορτισμένες μόνο τις 47 ημέρες και σχεδόν ή πλήρως φορτισμένες τις υπόλοιπες 52 ημέρες.

5. Επάρκεια και περίσσευμα ηλιακής ενέργειας

Από τις ανωτέρω μετρήσεις που έγιναν κατά την διάρκεια των δύο γύρων του Αιγαίου συμπεραίνεται ότι όχι μόνο υπάρχει επάρκεια ηλιακής ενέργειας αλλά και περίσσευμα που επιτρέπει να καλυφθούν και χειρότερες συνθήκες διαδρομών. Ένας υπολογισμός του περισσεύματος ενέργειας που δεν δεσμεύτηκε στις μπαταρίες γιατί είχε ξεπεραστεί το σημείο κορεσμού τους δίνει σαν προσεγγιστικό αποτέλεσμα 60 kWh κατά τον πρώτο γύρο και 30 kWh κατά τον δεύτερο γύρο του Αιγαίου. Η διαφορά οφείλεται στην επιπλέον κατανάλωση ενέργειας από το δεύτερο ψυγείο και τις δυσκολότερες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η σχετική άπνοια που επικρατούσε μεταξύ περιόδων πολύ ισχυρών ανέμων υποχρέωνε συχνά σε μακρές διαδρομές με τη χρήση κινητήρα και μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Η άνοδος της θερμοκρασίας τον Ιούνιο και ακόμη περισσότερο τον Ιούλιο μείωσε την απόδοση των φωτοβολταϊκών που παρουσιάζουν υψηλό θερμοκρασιακό συντελεστή. Η μέγιστη τιμή συλλογής ενέργειας μετρήθηκε στο τέλος Μαΐου όταν η θερμοκρασία ήταν σχετικά χαμηλή.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών έχει φτάσει στο όριο της διαθέσιμης επιφάνειας τόσο για οριζόντια όσο και κατακόρυφη τοποθέτηση. Η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος και της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί μελλοντικά με αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών που αναπτύσσονται εργαστηριακά σήμερα και θα είναι διαθέσιμες σε μερικά χρόνια.

- Ήδη υπάρχουν φωτοβολταϊκά υψηλής ποιότητας και τιμής στο εμπόριο που έχουν χαμηλότερο θερμοκρασιακό συντελεστή.
- Η ψύξη με νερό των φωτοβολταϊκών έχει αρχίσει να διαδίδεται για επίγειες εγκαταστάσεις συνδυαζόμενη με παραγωγή θερμικής ενέργειας όπως ζεστό νερό. Το βάρος τους θα είναι πιθανώς αποτρεπτικό για εγκατάσταση σε ιστιοπλοϊκό σκάφος για το μέλλον.
- Η απόδοση των εμπορικά διαθέσιμων φωτοβολταϊκών πυριτίου είναι 22%. Σύνθετα φωτοβολταϊκά πυριτίου - περοβσκίτη (perovskite) έχουν ήδη φτάσει σε απόδοση 36% σε πειραματική κλίμακα και ακόμη μεγαλύτερες αποδόσεις προβλέπονται μελλοντικά.

- Άλλες διαθέσιμες επιφάνειες για την επιπλέον εγκατάσταση φωτοβολταϊκών είναι οι εύκαμπτες τέντες και τα διαφανή μέρη τους, που χρησιμοποιούνται σε όλα τα σκάφη και τα πανιά των ιστιοπλοϊκών. Στην Ελλάδα έχει ανακοινωθεί ότι αρχίζει το 2025 η παραγωγή λεπτών, εύκαμπτων, διαφανών φωτοβολταϊκών τρίτης γενιάς από την εταιρεία EOT. Η ΙΣΤΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ έχει ήδη συμμετάσχει στην προετοιμασία ερευνητικής δράσης για την εγκατάσταση αυτού του νέου είδους φωτοβολταϊκών σε ιστιοπλοϊκά σκάφη.
- Υπάρχει ήδη το πρώτο της σειράς καταμαράν που έχει εγκαταστήσει φωτοβολταϊκά στο εξωτερικό των πλωτήρων ενσωματωμένων στο κύτος. Είναι σήμερα ακριβή λύση και δεν έχουμε ακόμη στοιχεία για την πρακτική επιτυχία της μετά από χρήση σε μεγάλες διαδρομές.

Συμπεράσματα

Η πλήρης ηλεκτρική ηλιακή αυτονομία με περίσσειμα ενέργειας επιτεύχθηκε με την αύξηση των φωτοβολταϊκών και μπαταριών. Το PELAGO εξακολουθεί να είναι το πρώτο παγκόσμια μεταφορικό ηλιακό ηλεκτρικό ιστιοπλοϊκό και είναι δυνατή η περαιτέρω αύξηση στο μέλλον της αυτονομίας βασιζόμενη στις εξελισσόμενες τεχνολογίες όταν χρειαστεί για μακρύτερες διαδρομές καθώς και θερμική και ψυκτική κατανάλωση.

Παράρτημα 1

Πίνακας καταγραφής καιρικών συνθηκών									
Event	Ημερομηνία	Ωρα	Συννεφοκάλυψη 1-5	Ηλιοφάνεια 1-5	Ανεμος kt	Μπαταρία %	Batt missing Ah	Ισχύς κινητήρα W	Location
	27/2/2024	15:00	3		8	100	0		Laveio
	27/2	22:00	4		12	97	25		Vourkari Kea
	28/2	9:45	4	1	15	97	27	1h x 1500W	Vourkari Kea
	28/2	15:00	3	2	10	100	-1.1	0	3 miles ENE of Gavrio Ancros
	28/2	17:15	3		8	96	29	0.66h x 2500W	Gavrio Port
	29/2	8:00	2			96	29	0	Gavrio Port
	29/2	10:10	1	4	2	96	29	0.5h x 350W	NW cape Andros
	29/2	12:30	2	3	16	97	23	1h x 800w	kafireas midpoint
	1/3	14:00	5	0	12	98		0.5h x 1500W	skyros port
	2/3	10:30	0	5	8	99			skyros port
	4/3	9:00	0	5	8-18	100			skyros port
	4/3	17:30	1	4	18	100		7h x 750w	Skopeios port
	5/3	13:30	5	0	10	100			Skopeios port
		14:30	3	2	1	100			steno alonnisou
		17:30	5 rain	0	8	97			alonnisos port
	6/3	12:00	0	5	13	100			alonnisos port
		14:00	1	4	5				peristera straight
		16:00	1	4	8	99			peristera straight
		0:00			4				
		1:35			8	94	53		33 miles from Limnos
		3:00	2	3	15	100	3.7		3miles SW of Limnos
	8/3	12:00							Οινούσσες
	9/3	N/A							Χίος,Θολος, 4 ημερες ακινησια
	15 /3/2024	7:00	2	3	5 W	100	2	1200w	Tholos to Chios
	15/3/2024	10:30	3	3	8	94	52	0	on route, Chios to Ikaria
	15/3/2024	13:00	1	4	1	95	45	2kW	Chios to Ikaria
	15/3/2024	22:30	0	0	6	82	-125	1200w	Ikaria
	16/3/2024	9:00	0	4	6	86	-113	0	Ikaria
	16/3/2024	19:30	0	0	8	93	-65	0	Ikaria, Agios Kirikos Marina
	17/3/2024	N/A	2	4	28	99			Ikaria, Agios Kirikos Marina
	18/03/2024	18:00	1	4	20	99			Αρκοι, Λιμάνι
	19/03/2024	13:00	4	1	11	99	-13	2kW	Lipsous
docked	20/03/2024	12:00	4	1		94	-34	0	Patmos
docked	21/03/2024	12:00	0	5		98	-16	0	Patmos
leafed port	22/03/2024	7:30	0	5	6	98	-12	350W	Patmos
wheather change	22/03/2024	12:48	3	2	6	99	-15	0	Leros
left anchorage	24/03/2024	11:00	0	5	10	98	-12	0	Astipalea
reaching island	22/03/2024	7:00	4	2	15	96	-32	2500W	Kalimnos
docked	23/03/2024	11:30	0	5		98	-13	0	Kalimnos
docked	25/03/2024	12:00	4	1	25	99	-10	0	Astipalea
left marina	26/03/2024	8:20	3	3	2	97	-40	2000W	Astipalea
drop anchor	26/03/2024	21:00	4	0	15	92	-63	0	Amorgos
en route	27/03/2024	15:30	1	4	25	99	-6	0	Near Paros
docked	28/03/2024	10:00	5	0	14	100	0	0	Paros
en route	28/03/2024	15:00	4	2	22	100	0	0	Near Mikonos
en route	29/03/2024	2:00	0	5	5	98	-8	500w	Tinos
start route	30/03/2024	15:30	0	5	2	100	-5	1100W	Near Tinos
drop anchor	30/03/2024	20:00	0	5	0	89	-86	0	Siros
at Marina	31/03/2024	17:00	0	5	10	99	-11	0	Siros
En route	01/04/2024	12:30	0	5	10	100	-3	0	Siros
En route	01/04/2024	20:30	0	0	3	88	-94	1500W	Near Kithnos
at Marina	01/04/2024	23:30	0	0	15	78	-140	0	Kithnos
started route	02/04/2024	10:00	2	2	0	79	-156	630W	near Kea
started route	8/5/2024	11:00	2	3	8 SE	100	-1	1kW	in port
En route	8/5/2024	11:30	3	2	8 SE	100	-5	0	Kea straight
En route	8/5/2024	15:00	4	1	7 SE	100	-1	0.8 kW	to Andros
En route	8/5/2024	17:00	4	1	5 SE	95	-30	1.5 kW	to Andros
En route	8/5/2024	18:30	2	2	7 SE	93	-45	1.5 kW	to Andros
arrival Andros	9/5/2024	1:30		0	4 SE	68	-230	0	Batsi Andros
in port	9/5/2024	15:00	3	2	3 SE	75	-190	0	Batsi Andros
in port	9/5/2024	7:00:00 PM	3	2	6 E	79	-158	0	Batsi Andros
in port	10/5/2024	13:45	4	1	20 N	82	-140	0	Batsi Andros
in port	10/5/2024	22:00		0	25 N	85	-115	0	Batsi Andros
in port	11/5/2024	12:00	3	2	20 N	87	-102	0	Batsi Andros
in port	11/5/2024	23:00		0	10 N	95	-45	0	Batsi Andros
in port	12/5/2024	14:00	1	4	10 N	98	-45	0	Batsi Andros
en eoute	13/5/2024	14:00	1	4	17 N	100	0	0	To Kea

Event	Ημερομηνία	Ωρα	Συννεφοκάλυψη 1-5	Ηλιοφάνεια 1-5	Ανεμος kt	Μπαταρία %	Batt missing Ah	Ισχύς κινητήρα W	Location
Kea port	13/5/2024	22:00		0	15 N	98	-10	0	Kea
in port	14/5/2024	12:00	4	1	15 N	100	0	0	port Kea
in port	19/5/2024	8:00	1	3	10 N	100	0	0	port Kea
en route	19/5/2024	10:00	1	3	5 NE	100	0	600	towards Andros
en route	19/5/2024	12:00	1	3	17 NE	98	-25	0	towards Andros
en route	19/5/2024	15:00	1	3	17 NE	100	-1	0	towards Andros
en route	19/5/2024	15:15	1	3	6 NE	100	0	1200	towards Andros
en route	19/5/2024	17:00	1	3	6 E	98	-25	1200	towards Andros
en route	19/5/2024	20:00	1	3	6 NW	91	-78	1200	Disvato Andros
on anchor	19/5/2024	10:00	1	3	4 E	87	-102	0	Disvato Andros
on anchor	20/5/2024	10:00	1	3	5 E	89	-87	0	towards Korthi
en route	20/5/2024	15:00	1	3	20 NE	92	-58	0	towards Korthi
in port	20/5/2024	21:00	1	0	4 E	96	-32	0	Korthi Andros
in port	21/5/2024	10:00	1	3	4 E	98	-15	0	Korthi Andros
en route	21/5/2024	13:00	1	3	20 NE	100	-5	0	Towards Hora
in port	21/5/2024	15:00	1	3	3 E	100	0	0	Hora Andros
in port	22/5/2024	8:00	3	1	0	100	-2	0	Hora Andros
en route	22/5/2024	9:00	3	1	0	99	-12	600	towards Skyros
en route	22/5/2024	10:30	3	1	10 NW	99	-8	0	towards Skyros
en route	22/5/2024	10:45	3	1	0	99	-9	700	towards Skyros
en route	22/5/2024	12:00	1	3	7 NW	99	-11	700	towards Skyros
en route	22/5/2024	14:00	2	2	3 NW	98	-15	1100	towards Skyros
en route	22/5/2024	19:00	1	3	0	91	-85	1000	towards Skyros
en route	22/5/2024	22:30	1	0	4 S	83	-145	500	towards Skyros
en route	22/5/2024	23:30	1	0	7 S	82	-154	0	towards Skyros
en route	23/5/2024	3:30	1	0	8 NW	81	-164	500	towards Skyros
en route	23/5/2024	4:15	1	0	10 NW	81	-170	300	towards Skyros
en route	23/5/2024	12:45	1	3	15 NW	82	-160	0	towards Skyros
en route	23/5/2024	15:00	1	3	ΑΣΤΑΤΟΣ	81	-172	600	towards Skyros
en route	23/5/2024	12:45	1	3	15 NW	80	-175	0	towards Skyros
on ancor	24/5/2024	12:00	1	4	8 W	84	-147	0	Tristomo Skyros
en route	24/5/2024	14:00	1	4	15 NW	86	-130	0	towards Skyros
dock	24/5/2024	19:00	1	4	6 S	88	-115	0	Skyros
on ancor	25/5/2024	8:00	1	4	0	87	-125	0	Skyros
en route	25/5/2024	8:00	1	4	0	87	-125	0	Skyros
en route	25/5/2024	11:00	1	4	14 N	88	-114	0	towards Skopelos
en route	25/5/2024	13:30	1	4	10 N	90	-92	0	towards Skopelos
en route	25/5/2024	16:30	2	2	5 NW	92	-76	500	towards Skopelos
en route	25/5/2024	19:30	3	0	10 W	91	-88	0	towards Skopelos
on anchor	25/5/2024	23:00	1	0	7 W	89	-102	0	Alonnisos
en route	26/5/2024	12:00	2	3	18 N	91	-87	0	towards Skopelos
at dock	26/5/2024	15:30	2	3	15 N	93	-74	0	Skopelos
at dock	26/5/2024	20:30	2	0	4 SW	95	-55	0	Skopelos
at dock	27/5/2024	12:00	2	2	12 N	97	-55	0	Skopelos
en route	27/5/2024	15:30	2	2	3 N	98	-18	1000	towards Alonnisos
at dock	27/5/2024	18:30	2	2	0	97	-30	0	Alonnisos
en route	27/5/2024	19:30	2	2	8 S	96	-37	0	towards Peristera
at dock	27/5/2024	21:00	2	0	0	95	-55	0	Peristera
en route	28/5/2024	9:30	1	4	8 E	96	-45	0	towards Limnos
en route	28/5/2024	15:00	1	4	8 SE	99	-14	0	towards Limnos
en route	28/5/2024	21:30	1	0	5 SE	96	-35	500	towards Limnos
en route	29/5/2024	0:00	1	0	7 NW	91	-80	700	towards Limnos
at dock	29/5/2024	11:00	1	4	7 S	77	-205	0	Limnos
at dock	29/5/2024	20:30	1	0	0	83	-152	0	Limnos
en route	30/5/2024	11:00	1	4	8 SE	85	-132	400	towards Ag Strati
on anchor	30/5/2024	15:00	1	4	8 SE	87	-119	0	anchor Limnos
en route	31/5/2024	10:00	2	3	12 SE	91	-89	0	towards Ag Strati
en route	31/5/2024	15:00	2	3	14 SE	95	-54	0	towards Ag Strati
en route	31/5/2024	15:45	2	3	10 SE	95	-52	400	towards Ag Strati
at dock	31/5/2024	18:30	1	4	7 SE	90	-92	0	Ag. Strati
en route	1/6/2024	8:00	1	4	14 SE	90	-92	0	towards S'gri Lesvos
en route	1/6/2024	15:45	2	3	10 SE	95	-52	400	towards S'gri Lesvos
en route	1/6/2024	21:40	1		6 SE	82	-154	700	towards S'gri Lesvos
on anchor	1/6/2024	23:50	1		4 SE	73	-215	0	S'gri Lesvos
on anchor	2/6/2024	20:30	1	0	8 N	78	-175	0	S'gri Lesvos
en route	3/6/2024	16:00	2	2	10 N	84	-145	0	towards Chios
en route	3/6/2024	20:30	2	2	10 NW	86	-130	0	towards Chios
en route	4/6/2024	11:00	2	2	6 SW	88	-115	0	towards Chios
en route	4/6/2024	11:45	2	2	0	88	-111	300	

Event	Ημερομηνία	Ωρα	Συννεφοκάλυψη 1-5	Ηλιοφάνεια 1-5	Ανεμος kt	Μπαταρία %	Batt missing Ah	Ισχύς κινητήρα W	Location
en route	4/6/2024	12:45	2	2	5 S	89	-107	0	towards Chios
at dock	4/6/2024	21:00	2	0	5 E	90	-99	0	Chios Lagada
en route	5/6/2024	10:00	2	2	5 S	88	-117	400	towards Chios
at dock	5/6/2024	11:30	2	3	5 SE	88	-116	0	Chios Port
en route	5/6/2024	16:30	2	3	5 N	92	-77	0	towards Emborio
on anchor	5/6/2024	23:00	2	0	5 N	86	-140	0	Emborios
en route	6/6/2024	12:30	2	2	5 W	79	-196	600	towards Ikaria
at dock	6/6/2024	20:30	2	0	8 E	77	-214	0	Ikaria port
en route	7/6/2024	12:00	2	2	11 NE	79	-201	0	towards Samos
en route	7/6/2024	16:00	2	3	11 E	81	-183	700	towards Samos
at dock	7/6/2024	20:30	1	0	12 N	81	-183	0	Samos Ahladokambos
en route	8/6/2024	12:00	1	3	7 NW	84	-155	0	towards Patmos
on anchor	8/6/2024	21:00	1	0	15 NW	86	-135	0	Patmos
at dock	9/6/2024	15:00	1	3	13 NW	91	-90	0	Patmos
at dock	9/6/2024	21:00	1	0	13 NE	92	-75	0	Patmos
en route	10/6/2024	10:00	1	4	1 NW	92	-83	1100	towards Telendos
en route	10/6/2024	15:30	1	4	6 NW	88	-116	700	towards Telendos
on anchor	10/6/2024	21:00	1	0	1 NW	84	-155	0	Telendos
en route	11/6/2024	12:00	2	2	5 SW	85	-145	1200	towards Kalymnos
at dock	11/6/2024	18:00	2	2	6 NW	86	-135	0	Kalymnos
on anchor	11/6/2024	23:00	1	0	0	80	-190	0	Telendos
on anchor	12/6/2024	21:00	1	0	0	87	-121	0	Telendos
on anchor	13/6/2024	14:00	1	3	0	91	-90	0	Telendos
on anchor	13/6/2024	21:00	1	0	0	93	-71	0	Telendos
on anchor	14/6/2024	13:00	2	2	8 S	95	-57	0	Telendos
en route	15/6/2024	19:30	1	4	12 NW	98	-22	0	Towards Amorgos
on anchor	15/6/2024	21:30	1	0	0	98	-30	0	Aigialia Amorgos
en route	16/6/2024	14:00	1	4	16 NW	95	-46	0	towards Schoinousa
on anchor	16/6/2024	21:30	1	0	0	96	-40	0	Schoinousa
en route	17/6/2024	13:30	1	3	8 NW	95	-46	0	towards Ios
on anchor	17/6/2024	21:00	1	0	10 N	98	-21	0	Ios
en route	18/6/2024	16:00	1	4	14 N	95	-46	700	towards Sifnos
on anchor	18/6/2024	21:00	1	0	22 N	93	-70	0	Sifnos
on anchor	19/6/2024	13:00	1	3	20 N	97	-31	0	Sifnos
on anchor	22/6/2024	21:30	1	0	10 N	98	-20	0	Sifnos
en route	23/6/2024	11:30	1	4	14 N	98	-16	400	towards Paros
on anchor	23/6/2024	20:30	1	0	0	82	-131	0	Paros
on anchor	24/6/2024	15:00	1	3	11 NE	70	-232	0	Paros
on anchor	25/6/2024	21:00	1	0	11 NE	80	-160	0	Paros
on anchor	26/6/2024	13:30	1	3	13 NW	86	-114	0	Paros
on anchor	26/6/2024	21:00	1	0	11 NW	92	-78	0	Paros
en route	27/6/2024	15:45	1	3	3 N	91	-76	2000	towards Evdilos Ikaria
at dock	28/6/2024	14:00	1	3	4 W	89	-89	0	Evdilos Ikaria
at dock	29/6/2024	10:00	1	3	15 N	95	-45	0	Evdilos Ikaria
at dock	2/7/2024	23:00	1	0	0	100	0	0	Evdilos Ikaria
en route	3/7/2024	2:30	1	0	12 SE	98	-18	0	towards Tinos
en route	3/7/2024	19:30	1	2	4 W	84	-141	1500	towards Tinos
on anchor	4/7/2024	12:30	2	2	11 SE	81	-160	0	Tinos
on anchor	4/7/2024	22:00	2	0	13 NW	85	-127	0	Syros
en route	5/7/2024	15:30	1	4	17 N	87	-108	0	towards Kithnos
on anchor	5/7/2024	20:00	2	0	6 NW	88	-100	0	Kithnos
on anchor	8/7/2024	16:00	1	4	12 NW	100	0	0	Kithnos
on anchor	9/7/2024	12:00	1	4	18 N	97	-21	0	Kea