



## Παραδοτέο Π6.1

### Έκθεση με προτάσεις για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου

«Πρωτοβουλία (Direct Current in Ship Initiative - DC-Ship)»  
(πράξη ΑΡΙΣΤΕΙΑ - Ι, Κωδ. Έργου ΓΓΕΤ: 987, Κωδ. Έργου ΕΔΕΙΛ/ΕΜΠ: 68/1151)





## ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΠΡΑΞΗΣ

Το συγκεκριμένο έργο στοχεύει στη διεξαγωγή έρευνας για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών και την ανάπτυξη αντίστοιχων μεθόδων αντιμετώπισης. Τα συστήματα ΣΡ εξαλείφουν την κυκλοφορία αέργου ισχύος και τις σχετικές απώλειες κι έτσι η εφαρμογή τους μπορεί να βελτιώσει τους δείκτες απόδοσης του πλοίου EEDI και EEOI. Ωστόσο, θα πρέπει πρώτα να διερευνηθεί μια σειρά θεμάτων, τα οποία σχετίζονται κυρίως με τη λειτουργία του συστήματος κατά τη μόνιμη και μεταβατική κατάσταση, όπως η ευστάθεια τάσης, η ποιότητα ισχύος και τα σφάλματα. Κύριο στοιχείο καινοτομίας του συγκεκριμένου έργου αποτελεί η ενδεδειγμένη διερεύνηση των θεμάτων τα οποία σχετίζονται με την εφαρμογή συστημάτων διανομής ΣΡ σε εμπορικά πλοία και η ανάπτυξη λύσεων στοχευμένων στην εξοικονόμηση ενέργειας. Για το σκοπό αυτό προτείνεται ένα ερευνητικό σχέδιο το οποίο συνδυάζει μια πληθώρα επιστημονικών πεδίων του ηλεκτρολόγου και του ναυπηγού μηχανικού. Κατά τη διάρκεια της ερευνητικής δράσης τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων οι οποίες θα πραγματοποιηθούν, θα ενισχυθούν από αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα σε δύο πρότυπες διατάξεις. Μία για την εξομοίωση του δικτύου ΕΡ του πλοίου και μία για το αντίστοιχο δίκτυο ΣΡ. Οι επιδόσεις τους κατά τη λειτουργία θα καταγραφούν και θα συγκριθούν σε ό, τι αφορά την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας. Οι μελέτες αυτές θα συμπληρωθούν από αναλύσεις Κόστους Κύκλου Ζωής (Life Cycle Cost, LCC) του πλοίου όταν αυτό χρησιμοποιεί δίκτυο ΣΡ, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος κτήσης, λειτουργίας και συντήρησης. Το έργο υποδιαιρείται σε επτά (7) ενότητες έρευνας.

Ειδικότερα η ενότητα έρευνας 6 αναφέρεται στη σύνταξη έκθεσης με το σύνολο των προτάσεων για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου. Το συγκεκριμένο παραδοτέο αποτελεί την παρουσίαση αυτής της έκθεσης.





Για λόγους πληρότητας παρατίθενται καταρχήν ορισμένα στατιστικά στοιχεία για το εν λόγω έργο:

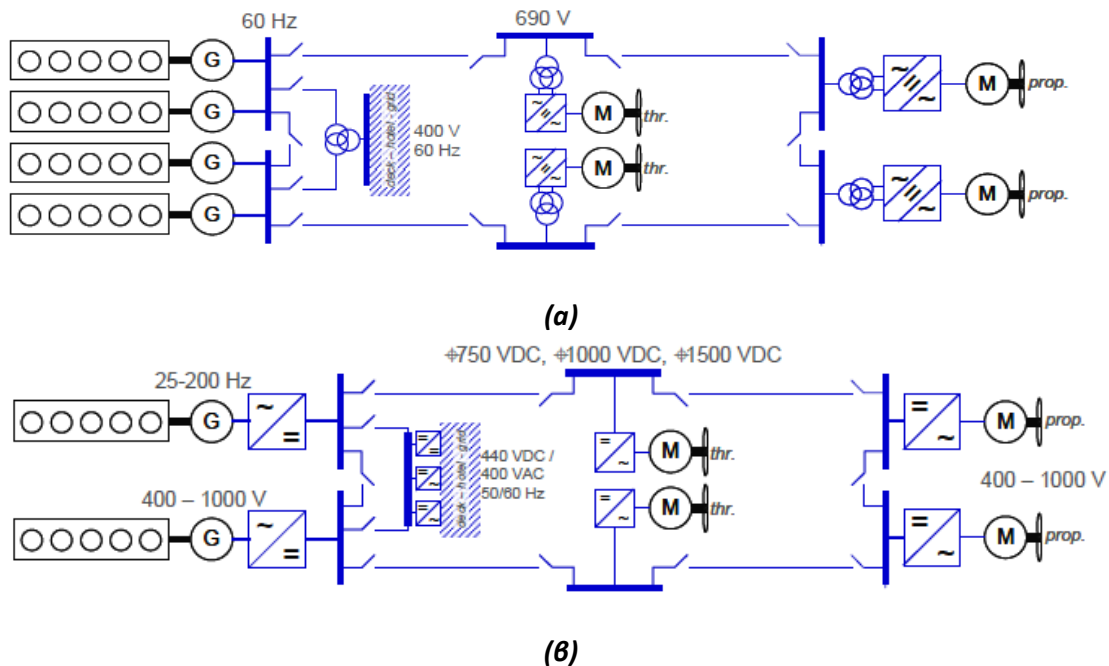
- Στο έργο απασχολήθηκαν 15 ερευνητές (7 μέλη ΔΕΠ, 5 μετα-διδασκατορικοί ερευνητές, ένας Υποψήφιος Διδάκτορας και δύο υψηλού επιπέδου κατηρτισμένοι τεχνικοί)
- Από το έργο προέκυψαν 8 Δημοσιεύσεις (7 σε διεθνή συνέδρια και 1 σε διεθνές περιοδικό)
- Εκδόθηκαν 2 Δελτία τύπου (1 στο μέσο και 1 στο τέλος του έργου)

Από την άλλη πλευρά, δεδομένου ότι η σχετική τεχνογνωσία τώρα αναπτύσσεται, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη διεξαγωγή μία σειράς μελετών όπως για παράδειγμα η μελέτη βραχυκυκλωμάτων, η μελέτη αρμονικής παραμόρφωσης σε δίκτυα με ΣΡ, η μελέτη ευστάθειας κοκ. Για αρκετές από τις μελέτες αυτές δέν έχουν εκδοθεί κανονισμοί που να προδιαγράφουν με σαφή τρόπο το πώς θα διεξαχθούν.

## Έκθεση με προτάσεις για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου

Η κύρια καινοτομία του έργου “DC-Ship” είναι η σε βάθος διερεύνηση ζητημάτων βελτιστοποιημένου σχεδιασμού και λειτουργίας των υπο-συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας Συνεχούς Ρεύματος για εμπορικά πλοία, υπό το πρίσμα της εξοικονόμησης ενέργειας, βελτιστοποίησης της απόδοσής τους και της φιλικότητας προς το περιβάλλον. Για το σκοπό αυτό, έχει καταρτιστεί ένα σχέδιο διεπιστημονικής έρευνας που διαπερνά τις επιστημονικές περιοχές του ναυπηγού μηχανολόγου μηχανικού, του ηλεκτρολόγου μηχανικού και του ενεργειακού μηχανικού, ενώ περιλαμβάνει θεωρητικές αναλύσεις, προσομοιώσεις αλλά και πειραματικές δοκιμές.



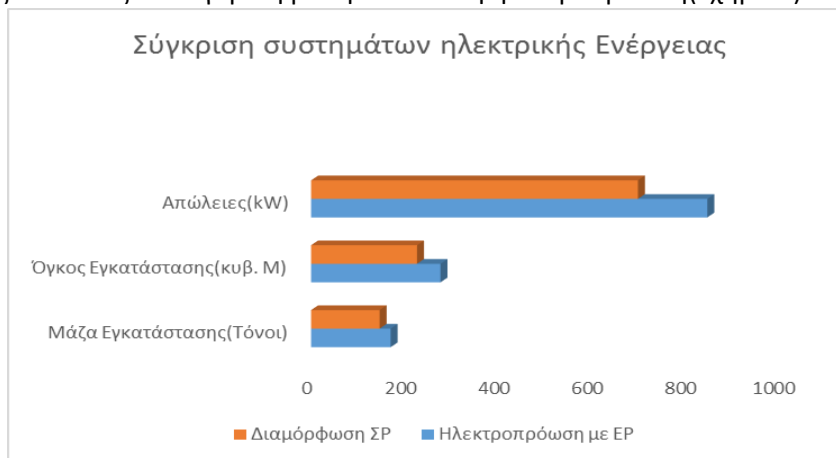


**Σχήμα 1.** (α) Τυπική Διαμόρφωση συστήματος ηλεκτρικής πλοίου με ΕΡ και ηλεκτροπρόωση. (β) Διαμόρφωση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας πλοίου με ΣΡ

Η μόλυνση του περιβάλλοντος και το φαινόμενο θερμοκηπίου στο οποίο συντελεί και η εκπομπή των καυσαερίων από τα πλοία, έχει οδηγήσει σε αυστηρότερους κανονισμούς σε σχέση με τις εκπομπές ρύπων και την εξοικονόμηση καυσίμου. Με τη σειρά της η ανάγκη για πιο αποδοτικά πλοία, οδηγεί σε αυξημένες απαιτήσεις ώστε όλα τα ενεργειακά συστήματα πάνω στο πλοίο να είναι επίσης αποδοτικά. Εξάλλου, ο εξηλεκτρισμός των συστημάτων του πλοίου, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος πρόωσης έχει καταστεί μία δελεαστική εναλλακτική επιλογή για την αύξηση των επιδόσεών του. Μάλιστα, για συγκεκριμένους τύπους, όσο πιο έντονος είναι ο εξηλεκτρισμός τους (σύμφωνα με την ιδέα του Πλήρως Εξηλεκτρισμένου Πλοίου- All Electric Ship), τόσο πιο πολύ ενεργειακά αποδοτικά αυτά καθίστανται. Σε αυτό το πλαίσιο μία υπο-περίπτωση που τελευταία έχει αρχίσει να έχει ενδιαφέρον είναι η αξιοποίηση τεχνολογίας Συνεχούς Ρεύματος (Direct Current-DC) ιδίως για το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, βλ. Σχήμα 1. Η συγκεκριμένη τεχνολογία προσφέρει εμφανή πλεονεκτήματα, όπως:

- ο συνολικά χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός είναι μικρότερων διαστάσεων και μικρότερου βάρους,

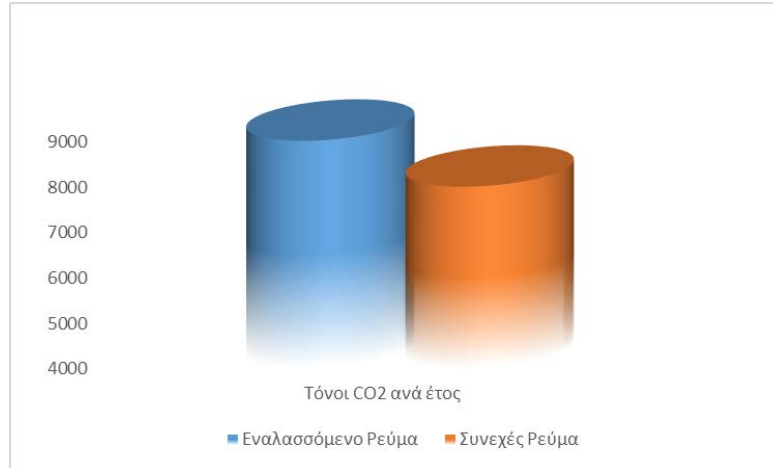
- μη κυκλοφορία αέργου ισχύος και μείωση συνολικών απωλειών, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση καυσίμου (που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις πηγές),
- ο παραλληλισμός των πηγών ενέργειας είναι ευκολότερος και απλούστερος, όπως επίσης και ο συνδυασμός διαφόρων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον (πχ. φωτοβολταϊκά, κυψέλες καυσίμου, κλπ) ή αποθήκευσής της (πχ. μπαταρίες) ή ακόμη και η διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο ξηράς (cold ironing),
- η παρακολούθηση και ο έλεγχος του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας γίνονται ευκολότερα,
- εάν το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας Συνεχούς Ρεύματος ενός υπό μελέτη πλοίου σχεδιαστεί προσεκτικά (πρόληψη για την εγκατάσταση του συγκεκριμένου ΣΗΕ στο General Arrangement), τότε και το συνολικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο Εναλλασσομένου Ρεύματος.
- αξιοποιώντας όλα τα παραπάνω, είναι δυνατόν η απόδοση ενός πλοίου υπό μελέτη να βελτιωθεί σε σημαντικό βαθμό. Χαρακτηριστικό είναι πώς σε τεχνο-οικονομική μελέτη που διεξήχθη συγκρίνοντας τις διαμορφώσεις του σχ. 1 παραπάνω, η διάταξη με ΣΡ βοήθησε στην εξοικονόμηση 20% περισσότερου χώρου, ήταν κατά 10% ελαφρύτερη και παρουσίαζε 8% λιγότερες απώλειες σε σύγκριση με την κλασική ηλεκτροπρόωση (Σχήμα 2).



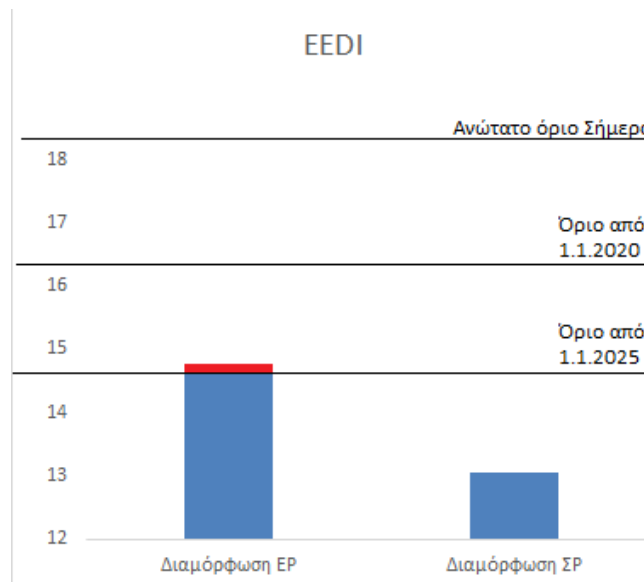
**Σχήμα 2.** Σύγκριση συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας ΕΡ και ΣΡ

- Με την αύξηση της απόδοσης του συστήματος, μέσω της βέλτιστης λειτουργίας των γεννητριών καθώς και της εξοικονόμησης όγκου και μάζας, είναι δυνατή η δραστική μείωση των εκπομπών ρύπων.(μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και των αερίων του θερμοκηπίου-Σχήμα 3).

- Άμεση συνέπεια όλων των παραπάνω, είναι και η καλύτερη κατηγοριοποίηση πλοίων με τέτοια διάταξη, με βάση το δείκτη ενεργειακής απόδοσης EEDI που έχει θέσει ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας(ΙΜΟ), βλ. Σχήμα 4.



**Σχήμα 3.** Εκτιμώμενη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για διαμόρφωση δικτύου με ΣΡ



**Σχήμα 4.** Δείκτης EEDI για διαμορφώσεις ΕΡ και ΣΡ συγκριτικά με τα όρια που έχει θέσει ο ΙΜΟ



## Κύρια συμπεράσματα

Η έρευνα διεθνώς γύρω από την τεχνολογία Συνεχούς Ρεύματος άρχισε μόλις πρόσφατα να καλλιεργείται καταρχήν για ειδικού τύπου πλοία, ενώ σιγά-σιγά το ενδιαφέρον εξαπλώνεται και στα εμπορικά πλοία που αποτελούν τη ραχοκοκαλιά των θαλασίων μεταφορών και για τα οποία ήδη διεξάγονται μελέτες με στόχο την ανάπτυξη μεθόδων για τη μείωση των ρύπων τους.

Το ενδιαφέρον αυτό διαφάνηκε και από τη διεθνή συνάντηση εργασίας που διοργανώθηκε στο πλαίσιο του έργου (15 Ιανουαρίου 2015). Η τεχνολογία ΣΡ έχει αρχίσει να διεισδύει σε συγκεκριμένους τομείς εφαρμογών ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας με σκοπό την εξοικονόμηση (χρημάτων και καυσίμου) και μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται και τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίων.

Έτσι, έχει διαφανεί ότι το Συνεχές Ρεύμα αποτελεί μία πλεονεκτική λύση σε πλοία μικρών αποστάσεων όπως πορθμεία (σύνδεση νησιών με ηπειρωτική χώρα ή και πλοία διασύνδεσης γειτονικών νησιών μεταξύ τους). Επιπλέον οι περιπτώσεις αυτές συνδυάζονται είτε με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες (οι μπαταρίες θα φορτίζονται κατά τη στάθμευση στο λιμάνι) είτε και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (όπως είναι οι κυψέλες καυσίμου, οι μονάδες ανάκτησης ενέργειας από θερμότητα καυσαερίων, φωτοβολταϊκών πανέλων κ.λπ).

