

Beyond Alternative Fuels: A 30-Minute Guide for Sustainable Vessel Systems

A fast tour of today's retrofit tech with real fuel-savings ranges, CAPEX vs OPEX, and payback paths across tankers, bulkers, and boxes

Presented by: Angelica Kemene Head of Market, Climate, & ESG Strategy

Scope for today

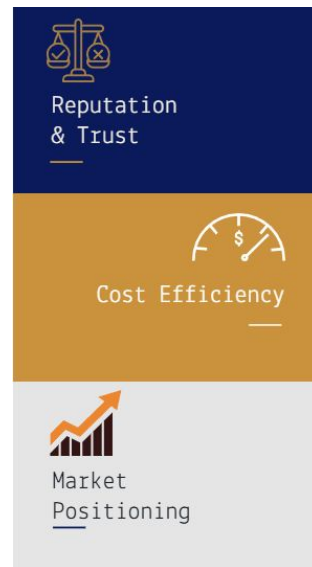
- **Retrofit technologies** (αναβάθμιση τεχνολογίας) you can apply to existing ships
- Their real-world fuel-savings ranges
- CAPEX vs OPEX: what costs upfront vs what saves every day
- Payback paths across bulkers, containers, and tankers

Mini Ορισμός - «ενεργειακή απόδοση στη ναυτιλία» (ή «ενεργειακή αποδοτικότητα»).

Σημαίνει: πόση ενέργεια/καύσιμο χρειάζεται ένα πλοίο (ή στόλος) για να εκτελέσει ένα δεδομένο μεταφορικό έργο—π.χ. ανά τόνο-ναυτικό μίλι (t·nm).

Όσο λιγότερο καύσιμο ανά t·nm, τόσο υψηλότερη η ενεργειακή απόδοση.

Συνήθεις δείκτες: κατανάλωση καυσίμου ή gCO₂ ανά t·nm.



How much connected is Energy Efficiency to Decarbonisation?

Η Σύνδεση είναι άμεση:

Λιγότερο καύσιμο = λιγότερο CO₂. - Οι εκπομπές προκύπτουν από:

Εκπομπές = Καύσιμο που καίγεται × Συντελεστής εκπομπών. Άρα η ενεργειακή απόδοση μειώνει το καύσιμο ανά τόνο-ναυτικό μίλι → μειώνει την ένταση άνθρακα (gCO₂/t·nm).

Κανονιστική συμμόρφωση: Καλύτερη απόδοση βελτιώνει δείκτες CII/AER/EEOI και βοηθά να “περάσει” το EEXI.

Κόστος απο-ανθρακοποίησης: Καίγοντας λιγότερο καύσιμο, μειώνεις κόστος άνθρακα (EU ETS) και κάνεις πιο βιώσιμη την μετάβαση σε ακριβότερα καύσιμα (e-methanol, e-ammonia, βιοκαύσιμα), γιατί χρειάζεσαι λιγότερη ενέργεια για το ίδιο έργο.

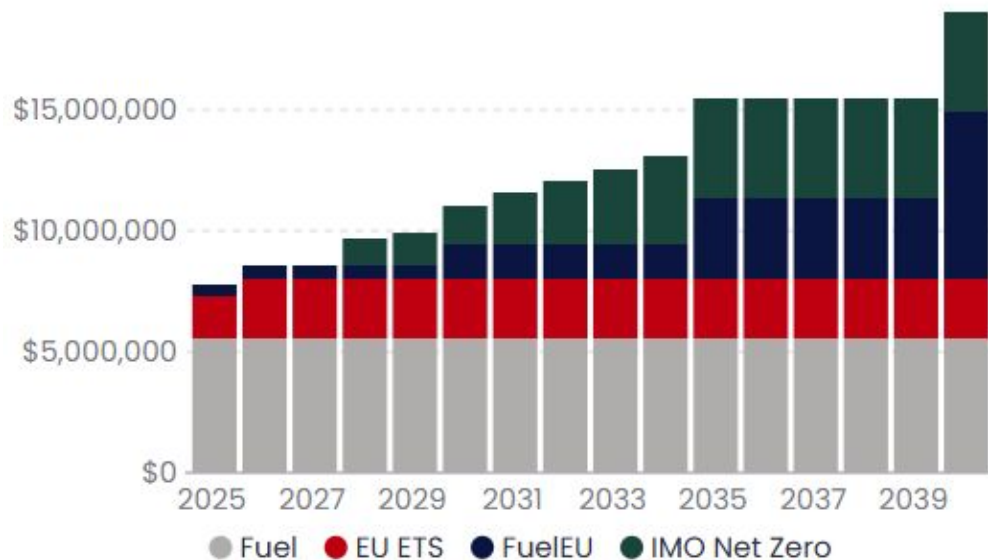
Δρόμος προς net-zero. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι το «πρώτο 50%» της αποανθρακοποίησης: ό,τι δεν καταναλώνεις δεν χρειάζεται να αντικατασταθεί από πράσινο καύσιμο.

The Cost of Delay – Financial and Operational Risks

- Οι υποχρεώσεις άνθρακα συσσωρεύονται με την αναβολή: η καθυστερημένη συμμόρφωση πολλαπλασιάζει το κόστος retrofit, τις απώλειες κερδοφορίας και τον κίνδυνο διάλυσης.
- Τα «παράθυρα» retrofit είναι πεπερασμένα: οι θέσεις στα ναυπηγεία, η διαθεσιμότητα τεχνολογίας και τα «στενά» σε εξειδικευμένο προσωπικό μπορούν να αφήσουν τους καθυστερημένους υιοθετούντες χωρίς λύση.
- Μεταβάλλεται η αξία των περιουσιακών στοιχείων: παλαιότερα και ενεργοβόρα πλοία απομειώνονται ταχύτερα σε αξία καθώς αυξάνεται ο κίνδυνος μη συμμόρφωσης.
 - [*Customer contracts increasingly demand green credentials: Non-compliant owners lose premium business, especially in container and dry bulk sectors.*] -

Carbon Costs

Dry Bulk Carrier 2021 BLT - Compliance Costs to theoretical end of life



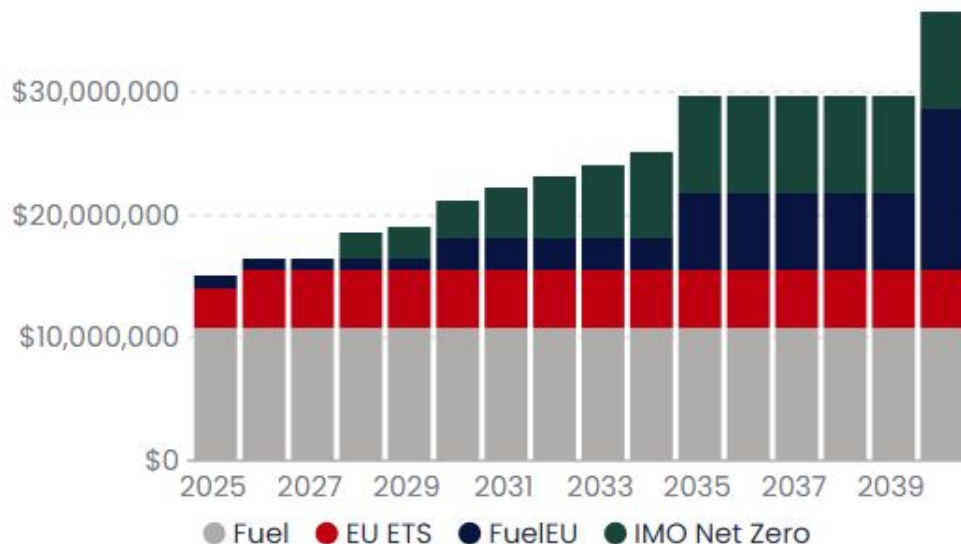
Compliance Costs

Fuel	\$ 88,825,911
EU ETS	\$ 38,933,409
Fuel EU	\$ 32,853,768
IMO GFI	\$ 40,213,141
Total	\$160,613,088

Source Data: Optima Shipping Services, Sustainable Ship, Tonnedge

Carbon Costs

Crude Oil Suezmax 2013 BLT - Compliance Costs to theoretical end of life



Compliance Costs

Fuel	\$ 172,112,000
EU ETS	\$ 74,753,163
Fuel EU	\$ 62,716,595
IMO GFI	\$ 77,033,556
Total	\$309,581,758

Source Data: Optima Shipping Services, Sustainable Ship, Tonnedge

Practical Pathways – When to Retrofit, When to Build New

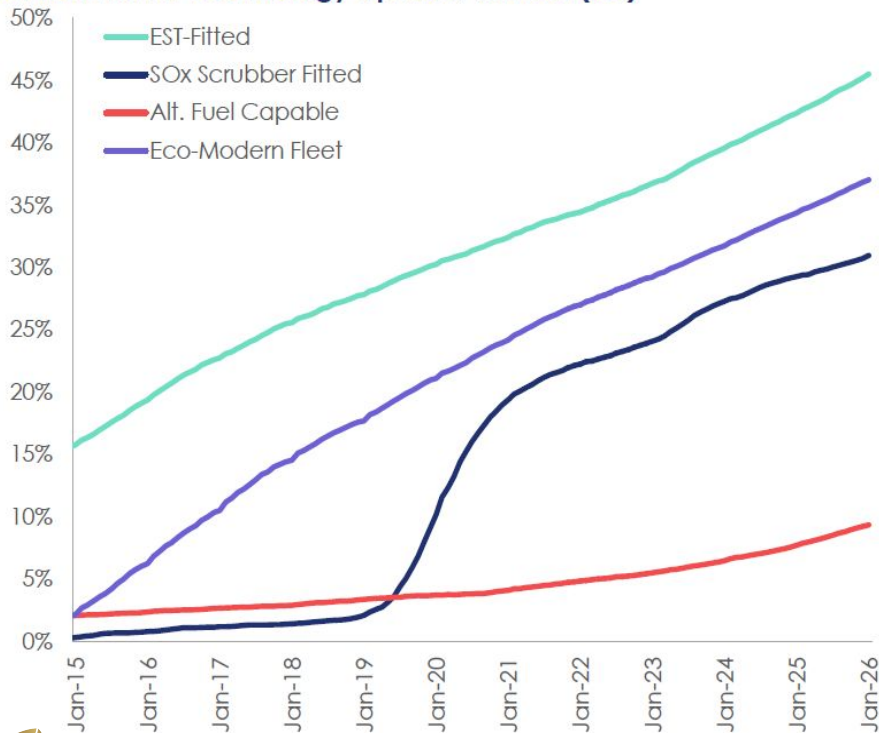
Τα retrofits είναι πιο αποδοτικά για πλοία κάτω των 10–15 ετών, ιδίως για όσα έχουν σχεδιαστεί εξ αρχής με αρθρωτή (modular) λογική ή/και δυνατότητα dual-fuel. *ESDs don't add linearly to energy efficiency;*

- Στα νεότευκτα προτεραιότητα στο “future-proofing”: πλήρως «πράσινη» πρόωση ή τουλάχιστον ετοιμότητα dual-fuel, και πρόβλεψη χώρου καταστρώματος για αιολική υποβοήθηση ή/και carbon capture.
- Ευθυγράμμιση με κύκλους δεξαμενισμού: τα προγράμματα retrofit να κουμπώνουν στους προγραμματισμένους δεξαμενισμούς ώστε να ελαχιστοποιείται η διακοπή και να μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα CAPEX/OPEX.
- Η επιλογή τεχνολογίας είναι case-by-case: εξαρτάται από τις γραμμές/διαδρομές, τον τύπο πλοίου, τις απαιτήσεις του charter party και τον χρονικό ορίζοντα μέχρι την εφαρμογή των κανονισμών.
- Έγκαιρη εμπλοκή ενδιαφερομένων: οι ιδιοκτήτες να συνεργάζονται από νωρίς με προμηθευτές τεχνολογίας, ναυπηγεία και νοηγνώμονες για αξιολόγηση εφικτότητας και προγραμματισμό των κεφαλαιακών δαπανών (CAPEX).

Progress In The Fuelling Transition

Στην αρχή αλλά με πρόοδο: Τα βραχυπρόθεσμα μέτρα του IMO 2030 ενισχύουν τα EST retrofits.

Environmental Technology Uptake: % Fleet (GT)



Παγκόσμια χωρητικότητα (αρχές Νοεμβρίου 2025):

- 31% με scrubber ; 37% “Eco” ; 9% με δυνατότητα εναλλακτικών καυσίμων
- 45% με τουλάχιστον 1 EST (Energy-Saving Technology) εγκατεστημένη
- 88% με BWMS (Σύστημα Διαχείρισης Θαλασσέρματος)
- Βάσει του τρέχοντος στόλου, περ. 36% της χωρητικότητας σε δεξαμενόπλοια, bulk carriers και containerships θα λάμβανε βαθμολογία CII D ή E έως το 2026.
- Η μέση ηλικία των στόλων ξηρού φορτίου και δεξαμενόπλοιων συνεχίζει να αυξάνεται (bulk: ~12,9 έτη έναντι ~10,4 πριν 5 χρόνια / tankers: ~14,1 έναντι ~11,4), ενώ στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων η μέση ηλικία έχει αρχίσει να υποχωρεί, αλλά παραμένει υψηλότερη από πριν 5 χρόνια (~14,2 έναντι ~12,8).
- Όλο και πιο “διαστρωματωμένες” αγορές (πολλαπλών ταχυτήτων).

Today's retrofit families

- **Operational:** speed/ETA, weather routing, trim, cleaning, autopilot tuning
- **Hull & Propulsion:** coatings, propeller devices (PBCF/ducts/fins), bulbous bow, air lubrication
- **Machinery & Electrical:** variable frequency drive - VFDs, Shaft Generator PTO/PTI, engine de-rating/variable speed, Waste Heat Recovery - WHR, Shore Power
- **Energy Harvesting:** wind-assist (rotors/wings); solar for hotel loads
- **Digital & M&V:** monitoring, decision support, crew enablement

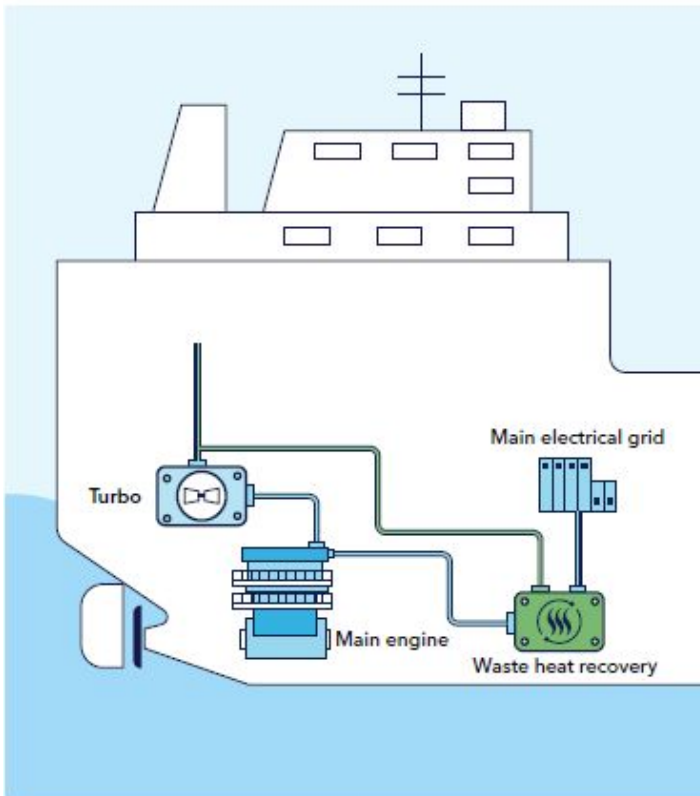
Today's retrofit toolkit by equipment group

Equipment Group	Technologies	Example Projects	Fuel Savings (Marketing claim)	Vessels Equipped (Fleet & Orderbook)
Engine Room	Waste Heat Recovery Generator	Cilmeon, Alfa Laval, ABB, Hanwha, Calnetix Hydrocurrent	3-8%	>186
	Variable Compression Ratio	WinGD	3-8%	>72
	Fuel Emulsifier	FOWE, IPCO, Kawasaki	3-10%	>187
Propeller	Propeller Duct	Becker Mewis Duct, NMRI WAD, Kawasaki, other in-house shipyard designs	3-8%	>3,627
	Pre-Swirl Stator	Becker BTF, Tsuneishi MT-FAST, DSME Pre-Swirl, CMES-Tech, SDARI, Wartsila EnergoFlow	4-6%	>4,472
	Rudder Bulb	Becker, MMG, Kongsberg Promas, SDARI, Imabari Hybrid-Fin, Wartsila Energopac, other in-house shipyard designs	3-5%	>6,695
	Propeller Boss Cap Fin	MMG escap, CMES-Tech, MOL Techno-Trade, SDARI, ERMA FIRST FLEXCAP, Shin Kurushima Turbo Ring	2-5%	>3,708
	Wake Equalizing Duct	Schneekluth WED, CMES-WID	6-10%	>800
Wind	Flettner Rotors	Norsepower, Anemoi, CMES-Tech	7-10%	>72
	Suction Wing	Econowind, Bound4blue, Oceanbird	10-30%	>51
	Rigid Sail	BAR Technologies, DSIC, OceanWings, MOL Techno-Trade	8-30%	>40
	Wind Kite	Airseas Seawing, Beyond the Sea SeaKite®	Up to 20%	>5
Hull	Air Lubrication System	Silverstream, DSM ALS, Samsung SAVER Air, Alfa Laval, Mitsubishi MALS, Armada	5-10%	>623
	Bow Enhancement (including Windshield)	Ulstein X-Bow, Damen Sea Axe, Kawasaki SEA-Arrow, Hanwha Windshield, other in-house shipyard designs	4-10%	>4,944
	Elogrid	Elomatic	2-3%	>15
	Hull Fin	Oshima Advanced Flipper fin, Namura NCF™, Sanoyas Tandem Fin™, Japan Marine United A.L.V. Fin	2-5%	>2,020

Source: Clarksons Research, 1st November 2025. Data coverage is not comprehensive and may underestimate total uptake.



Waste Heat Recovery



Κύρια χαρακτηριστικά

Η WHR βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση μετατρέποντας την απορριπτόμενη θερμότητα του κινητήρα σε ηλεκτρισμό ή θερμότητα χρήσης (service heat).

Δύο βασικοί τύποι:

- **Exhaust WHR (Συστήματα Υψηλής Θερμοκρασίας)**

Χρησιμοποιεί τα καυσαέρια του κύριου κινητήρα μέσω ατμοστροβίλου (κύκλος Rankine).

Κατάλληλο για μεγάλα containerships, LNG carriers, δεξαμενόπλοια.

- **WHR Χαμηλής Θερμοκρασίας (Συστήματα ORC)**

Αξιοποιεί νερό περιβλήματος (jacket water), αέρα σάρωσης (scavenging air) και χαμηλής θερμοκρασίας καυσαέρια.

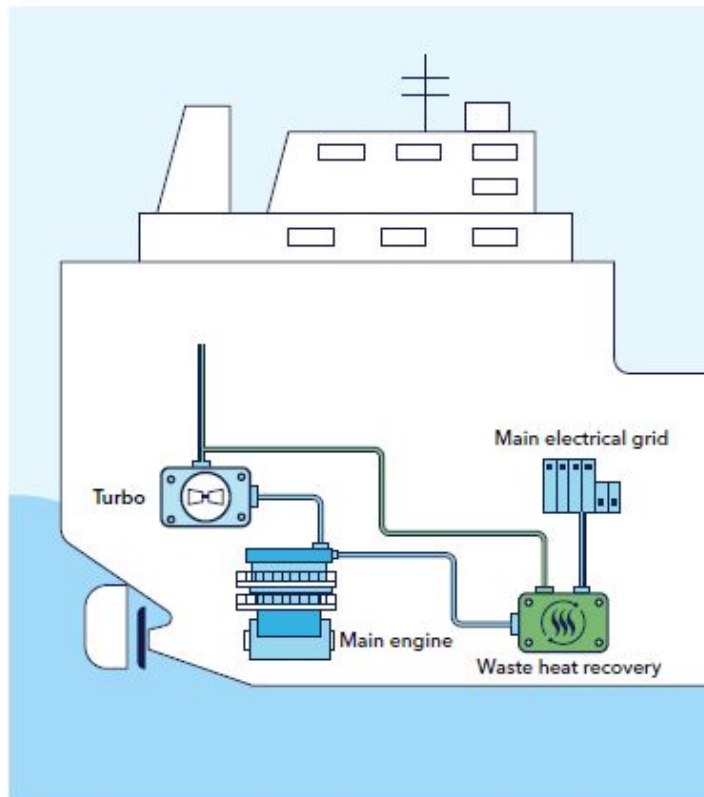
Βασίζεται στον Οργανικό Κύκλο Rankine (ORC) με ψυκτικά ρευστά.

Κατάλληλο για κρουαζιερόπλοια, πλοία που καίνε LNG, μεσαίου μεγέθους πλοία.

Κύριες προκλήσεις

- Τα Exhaust WHR απαιτούν μεγάλες πηγές θερμότητας και δομικές τροποποιήσεις.
- Τα ORC είναι ευκολότερα στην εγκατάσταση, αλλά λιγότερο αποδοτικά και ευαίσθητα στις μεταβολές φορτίου του κινητήρα.

Waste Heat Recovery



Vessel type suitability

	Bulk carriers	Small			PCTC	All	
		Medium					
		Large					
	Tankers	Small			Cruise vessels	All	
		Medium					
		Large					
	Gas carriers	LNG			Containerships	<5k TEU	
		Others				<15k TEU	
						>15k TEU	

Vessel age (years)

5	
10	
15	
20	

Applicability

Newbuilding	
Retrofit	

Impact on

EEDI/EECI	✓
CII	✓
EU ETS	✓
FuelEU *	✓
GFI **	✓

* Does not help towards compliance, but can reduce penalty

** To be decided/adopted by the IMO, based on existing proposals (MEPC 82).

CAPEX

WHR: 1,500-9,000 kUSD per unit
ORC: 0.05-0.5 kUSD per unit

Efficiency gain

WHR: 5-12%
ORC: 1-4%

OPEX

2-5%

Implementation

18 months after order

Retrofit level

Significant off-hire and dry-docking
These figures are general estimates based on past DNV projects and industry data. Actual numbers depend on vessel specifications and technology. Efficiency gains vary by vessel type, size, conditions, and should be verified on real operations.

Pre-Swirl Devices

Συσκευές Προστρόβιλου (PSD)

Αρχές λειτουργίας

- Οι PSD τοποθετούνται μπροστά από την προπέλα για να βελτιώσουν τη ροή και να μειώσουν τις ενεργειακές απώλειες.
- Είναι πιο αποτελεσματικές σε πλοία με υψηλό συντελεστή πληρότητας (Cb), π.χ. δεξαμενόπλοια και bulk carriers.
- Είναι λιγότερο αποτελεσματικές σε λεπτόγραμμες γάστρες, όπως containerships ή LNG twin-skeg.
- Η συσκευή και η προπέλα πρέπει να συν-βελτιστοποιηθούν ώστε να διατηρούνται οι σωστές στροφές και το light running margin.

***Στην πράξη, τα κέρδη είναι συνήθως 64–77% των προβλεπόμενων.

Οι PSD μπορούν να αυξήσουν το φορτίο της προπέλας και να μειώσουν το light running margin.

Μπορεί να υπάρξει μικρή αύξηση ταχύτητας, αλλά ενδέχεται επίσης να αυξηθεί οριακά η κατανάλωση καυσίμου.



Pre-Swirl Devices: top left, Pre-Swirl Stator (PSS); top right, Pre-Swirl Duct (PSD, e.g. Becker Mewis Duct), bottom; Becker Mewis Duct Twisted (BMDT, specifically suited for container vessels)

Pre-Swirl Devices



Pre-Swirl Devices: top left, Pre-Swirl Stator (PSS); top right, Pre-Swirl Duct (PSD, e.g. Becker Mewis Duct), bottom; Becker Mewis Duct Twisted (BMDT, specifically suited for container vessels)

Vessel type suitability

	Bulk carriers	Small	
		Medium	
		Large	
	Tankers	Small	
		Medium	
		Large	
	Gas carriers	LNG	
		Others	
	PCTC	All	
	Cruise vessels	All	x
	Containerships	<5k TEU	
		<15k TEU	
		>15k TEU	

Vessel age (years)

5	
10	
15	
20	

Applicability

Newbuilding	
Retrofit	

Impact on

EEDI/ EEXI 

CII 

EU ETS 

FuelEU * 

GFI ** 

* Does not help towards compliance, but can reduce penalty

** To be decided/adopted by the IMO, based on existing proposals (MEPC 82).

CAPEX

200-500 kUSD per unit

Efficiency gain

2-9%

OPEX

No operational costs

Implementation

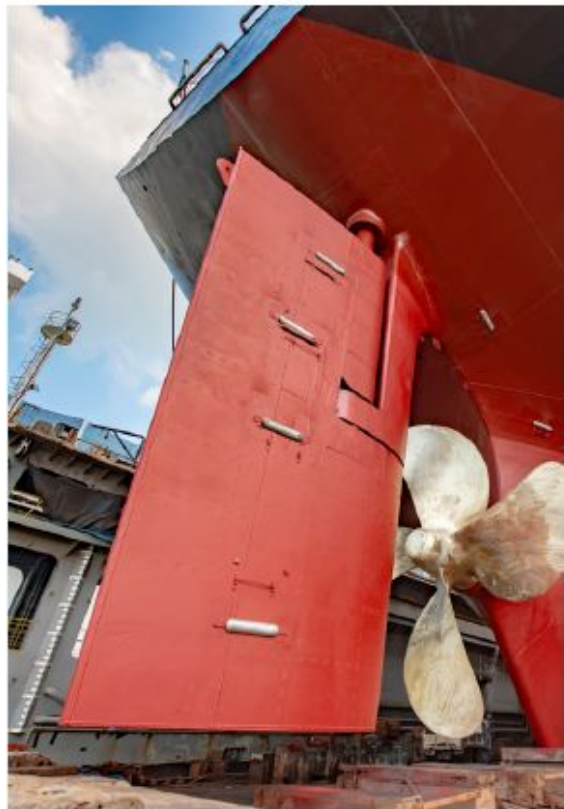
12 months after order

Retrofit level

Docking

These figures are general estimates based on past DNV projects and industry data. Actual numbers depend on vessel specifications and technology. Efficiency gains vary by vessel type, size, conditions, and should be verified on real operations (Methodology described in DNV RP-0675).

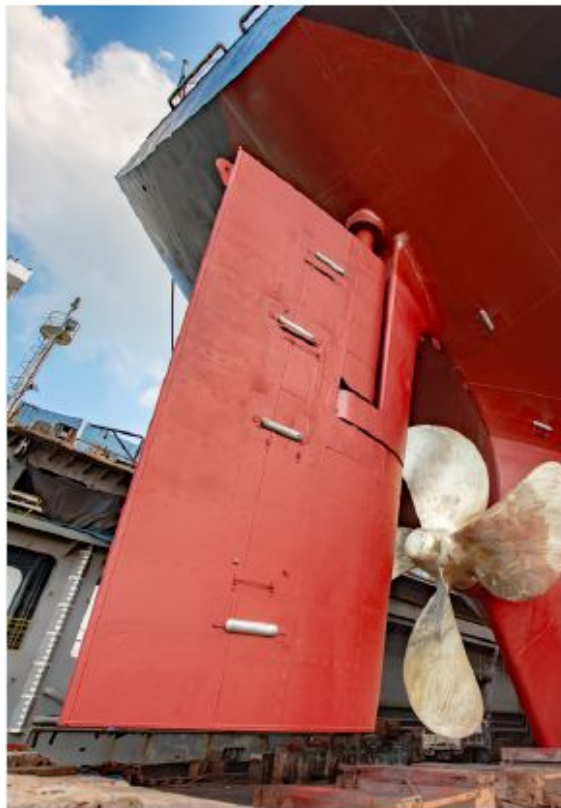
High-efficiency rudder



Πηδάλια Υψηλής Απόδοσης στα Πλοία

- Ο σχεδιασμός πηδαλίου στοχεύει στη **μείωση της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης** και στην **αποτροπή σπηλαίωσης (cavitation)**, ειδικά σε πλοία υψηλών ταχυτήτων.
- **Κύριοι στόχοι σχεδίασης:**
 - **Συν-σχεδιασμός με την προπέλα** (ιδίως στα νεότευκτα).
 - **Καλή ικανότητα στροφής** (σημαντική για **short-sea μεταφορές**).
 - **Επαρκής ευστάθεια εκτροπής (yaw)** ; κρίσιμη για πλοία **υψηλού συντελεστή πληρότητας** όπως δεξαμενόπλοια και bulk carriers.
 - **Αξιόπιστη διατήρηση πορείας σε ισχυρούς πλευρικούς ανέμους** — σημαντική για πλοία με **μεγάλη προσφερόμενη επιφάνεια στον άνεμο** (containerships, car carriers, κρουαζιερόπλοια)
- Η απόδοση εξαρτάται από τον **τύπο**, το **μέγεθος** και το **λειτουργικό προφίλ** του πλοίου.

High-efficiency rudder



Vessel type suitability					
	Bulk carriers	Small			PCTC
		Medium			
		Large			
	Tankers	Small			Cruise vessels
		Medium			
		Large			
	Gas carriers	LNG			Containerships
		Others			
					<5k TEU
					<15k TEU
					>15k TEU

Vessel age (years)	
5	
10	
15	
20	
Applicability	
Newbuilding	
Retrofit	

Impact on	
EEDI / EEXI	✓
CII	✓
EU ETS	✓
FuelEU *	✓
GFI **	✓
* Does not help towards compliance, but can reduce penalty	
** To be decided/adopted by the IMO, based on existing proposals (MEPC 82).	
CAPEX	
250-1,500 kUSD per unit	
Efficiency gain	
2-4%	
OPEX	
No operational costs	
Implementation	
12 months after order	
Retrofit level	
Docking	
These figures are general estimates based on past DNV projects and industry data. Actual numbers depend on vessel specifications and technology. Efficiency gains vary by vessel type, size, conditions, and should be verified on real operations (Methodology described in DNV RP-0675).	

Wind-assisted propulsion systems



Κύρια χαρακτηριστικά

Τα WAPS αξιοποιούν την αιολική ενέργεια για την πρόωση του πλοίου, προσφέροντας έως και **40%** μείωση καυσίμου και εκπομπών.

Ο άνεμος είναι πηγή ενέργειας **μηδενικών εκπομπών, χωρίς κόστος** καυσίμου και **ανθεκτική στο μέλλον**.

Τα σύγχρονα WAPS χρησιμοποιούν προηγμένη αεροδυναμική, υλικά, αυτοματοποίηση και δρομολόγηση, υπερέχοντας των παραδοσιακών ιστίων.

Κύριες προκλήσεις

- **Δομική ενσωμάτωση:** απαιτεί σημαντικές μετατροπές στο πλοίο.
- **Λειτουργική ασφάλεια:** χρειάζονται στιβαρός σχεδιασμός και νέα πρωτόκολλα ασφαλείας.
- **Λιμενικές λειτουργίες:** ενδέχεται να απαιτούνται αλλαγές στον τρόπο ανάπτυξης/χειρισμού.
- **Κανονιστική συμμόρφωση:** οι ισχύοντες ναυτικοί κανόνες μπορεί να μην υποστηρίζουν πλήρως τα WAPS.
- **Ναυσιπλοΐα:** χρειάζεται επαναξιολόγηση ορατότητας, φωτών και χειριστικότητας.
- **Ενσωμάτωση με μηχανή:** βελτιστοποίηση υβριδικής πρόωσης.
- **Εκπαίδευση πληρώματος:** νέες διαδικασίες και ρουτίνες συντήρησης.
- **Θόρυβος/κραδασμοί:** πιθανές επιπτώσεις στην άνεση πληρώματος και στην ακεραιότητα του πλοίου.

Wind-assisted propulsion systems

WAPS technologies



Rotor sail

A rotor sail is a cylindrical structure rotating around its own axis. The generated lift per sail area is large, but it also produces relatively large drag per sail area. The rotor does not need trimming against the wind, making operation relatively simple.



Suction wing

The suction wing is an oval-shaped vertical structure. An electric-powered suction system delays flow separation, increasing the generated lift and reducing drag.



Wing sail

A wing sail is a foil-like structure, usually with high-lift devices such as flaps to increase the generated lift force. Aerodynamic efficiency is relatively high. Rigid wing sails are made of hard shells, while soft and hybrid wing sails are made of modern textile material. This gives some different characteristics in terms of weight, for example.



Soft sail

A soft sail is a flexible fabric, flying between a supporting mast and a boom, often stabilized by sail battens.



Kite

A kite is a tethered sail made of lightweight material, guided by ropes and flying in high altitudes. Often, aerodynamic performance is enhanced by dynamic motion.

- Εμπειρία βιομηχανίας (έως Ιαν. 2025)
- ~50 εμπορικά πλοία εξοπλισμένα με WAPS.
- Ταχεία ανάπτυξη από το 2020, με ισχυρή προσδοκία μελλοντικής υιοθέτησης.
- Κατανομή τεχνολογιών:
 - Ρότορες (rotor sails): 48%
 - Πτέρυγες αναρρόφησης (suction wings): 31%
 - Ιστιοπτέρυγες (rigid/soft wing sails): 19%
 - Αετοί (kites): 2%

Impact on	CAPEX
EEDI/EECI ✓	~500-3,000 kUSD per vessel*
CII ✓	Efficiency gain
EU ETS ✓	5-40%
FuelEU ✓	OPEX
GFI * ✓	2-5%
	Implementation
	12 months after order for retrofits
	Retrofit level
	Docking

* To be decided/adopted by the IMO, based on existing proposals (IMEPC 82).

* Total cost per unit is generally lower for newbuild than for retrofit. These figures are general estimates based on past DNV projects and industry data. Actual numbers depend on vessel specifications and technology. Efficiency gains vary by vessel type, size, conditions, and should be verified on real operations (Methodology described in DNV RP-0686 and DNV RP-0675).

Vessel type suitability

 Bulk carriers	Small		 PCTC	All	
	Medium				
	Large				
 Tankers	Small		 Cruise vessels	All	
	Medium				
	Large				
 Gas carriers	LNG		 Containerships	<5k TEU	
	Others			<15k TEU	
				>15k TEU	

Vessel age (years)

5	
10	
15	
20	
Applicability	
Newbuilding	
Retrofit	

Bulbous Bow



Μετασκευή βολβοειδούς πλώρης σε πλοία

Κύρια χαρακτηριστικά

- Η σχεδίαση της **βολβοειδούς πλώρης** προσαρμόζεται εξατομικευμένα στο σχήμα του πλοίου και στο λειτουργικό του προφίλ.
- Οι αρχικές σχεδιάσεις στόχευαν σε **υψηλές ταχύτητες** και **μεγάλα βυθίσματα**.
- Σήμερα τα πλοία λειτουργούν με **χαμηλότερες ταχύτητες** και **ελαφρύτερα βυθίσματα**, καθιστώντας τις μετασκευές ιδιαίτερα ωφέλιμες.
- Η προσαρμογή της μορφής της πλώρης **βελτιώνει την υδροδυναμική απόδοση** υπό τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

Κύριες προκλήσεις

- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη **ολόκληρο το εύρος λειτουργίας** του πλοίου ώστε η απόδοση να είναι στιβαρή.
- Απαιτούνται **προχωρημένοι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης**, **παραμετρική μοντελοποίηση** και **υψηλή υπολογιστική ισχύς**.
- Η **ακρίβεια σχεδίασης** είναι κρίσιμη για **ουσιαστική εξοικονόμηση καυσίμου** και **βελτίωση επιδόσεων**.

Bulbous Bow



Vessel type suitability

	Bulk carriers	Small	X		PCTC	All	
		Medium	X				
		Large	X				
	Tankers	Small	X		Cruise vessels	All	
		Medium	X				
		Large	X				
	Gas carriers	LNG			Containerships	<5k TEU	
		Others				<15k TEU	
						>15k TEU	

Vessel age (years)

5	
10	
15	
20	

Applicability

Newbuilding	X
Retrofit	

Impact on

EEDI/EEXI ✓

CII ✓

EU ETS ✓

FuelEU * ✓

GFI ** ✓

* Does not help towards compliance, but can reduce penalty

** To be decided/adopted by the IMO, based on existing proposals (MEPC 82).

CAPEX

500-1,500 kUSD per unit

Efficiency gain

2-15%

OPEX

No operational costs

Implementation

4-9 months after order

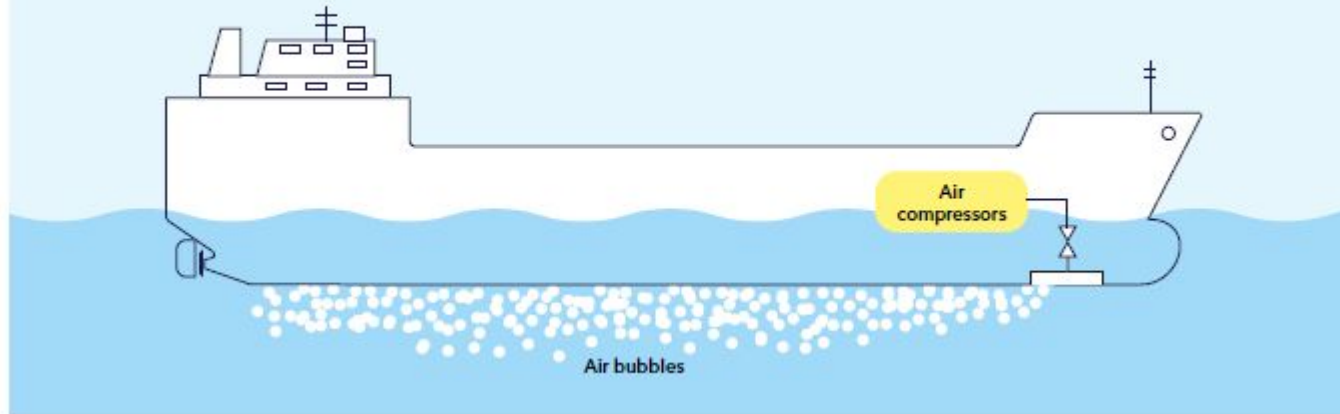
Retrofit level

Docking

These figures are general estimates based on past DNV projects and industry data. Actual numbers depend on vessel specifications and technology. Efficiency gains vary by vessel type, size, conditions, and should be verified on real operations (Methodology described in DNV RP-0675).

Air lubrication system

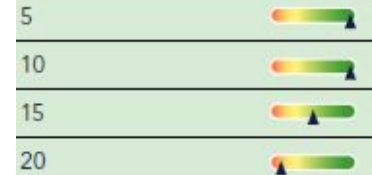
Schematic illustration of an air lubrication system



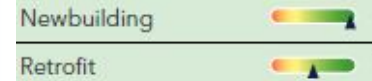
Vessel type suitability

	Bulk carriers	Small	
		Medium	
		Large	
	Tankers	Small	
		Medium	
		Large	
	Gas carriers	LNG	
		Others	
	PCTC	All	
	Cruise vessels	All	
	Containerships	<5k TEU	
		<15k TEU	
		>15k TEU	

Vessel age (years)



Applicability



Impact on

EEDI/ EEXI	✓
CII	✓
EU ETS	✓
FuelEU *	✓
GFI **	✓

* Does not help towards compliance, but can reduce penalty

** To be decided/adopted by the IMO, based on existing proposals (MEPC 82).

CAPEX

500-3,500 kUSD

Efficiency gain

0-8%

OPEX

<1%

Implementation

12 months after order

Retrofit level

Docking

These figures are general estimates based on past DNV projects and industry data. Actual numbers depend on vessel specifications and technology. Efficiency gains vary by vessel type, size, conditions, and should be verified on real operations (Methodology described in DNV RP-0695 and DNV RP-0675).

Air lubrication system

Types of technologies

Unlike an air chamber system (ACS), a method that attempts to maintain air in fixed compartments, an air lubrication system (ALS) provide a constant flow of air bubbles to lubricate significant parts of a vessel's hull (typically the flat bottom area).

There are active and passive ALS. There are different type of air release units / injector nozzles and different concepts for the arrangement (^-shaped, Δ-shaped, in one row and in multiple rows).



Συστήματα Αερολίπανσης Γάστρας (ALS)

Κύρια χαρακτηριστικά

- Τα **ALS** μειώνουν την **τριβική αντίσταση** του πλοίου, που είναι το κυρίαρχο μέρος της συνολικής αντίστασης στο νερό.
- Εγχέουν **συνεχή ροή φυσαλίδων αέρα** κατά μήκος του επιπέδου πυθμένα της γάστρας.
- Μειώνουν την **οπισθέλκουσα (drag)** τροποποιώντας το **στροβιλώδες οριακό στρώμα** μεταξύ γάστρας και νερού.
- **Καθαρό όφελος ισχύος** = μείωση ισχύος στον άξονα – ζήτηση ισχύος του συμπιεστή.

Κύριες προκλήσεις

- Τα οφέλη καυσίμου εξαρτώνται από τον τρόπο παροχής ισχύος στον συμπιεστή (**γεννήτρια άξονα vs βοηθητική μηχανή**).
- Δεν είναι κατάλληλα για όλους τους τύπους πλοίων (π.χ. **car carriers** με **μικρή επίπεδη επιφάνεια πυθμένα**).
- Η απόδοση εξαρτάται από **βύθισμα, ταχύτητα και κατανάλωση καυσίμου σε μερικό φορτίο**.
- Τα αποτελέσματα **sea trials** μπορεί να **υπερεκτιμούν** τα οφέλη σε πραγματικές συνθήκες.

Εμπειρία βιομηχανίας

- Σε λειτουργία, τα **υδροδυναμικά κέρδη** συχνά είναι **χαμηλότερα** από τα αναμενόμενα.
- Τα ALS μπορούν να **μειώσουν τον ρυποφόρο εποικισμό της γάστρας (biofouling)**, αποτρέποντας θαλάσσια επικαθήσιση (π.χ. **barnacles**, άλγη).
- Συμβάλλουν σε **μεγαλύτερα μεσοδιαστήματα δεξαμενισμού** και **μειωμένες ανάγκες συντήρησης**.

Other Systems: Shore Power/Cold Ironing



Ηλεκτροδότηση από την Ξηρά (Shore Power / Cold Ironing)

Κύρια χαρακτηριστικά

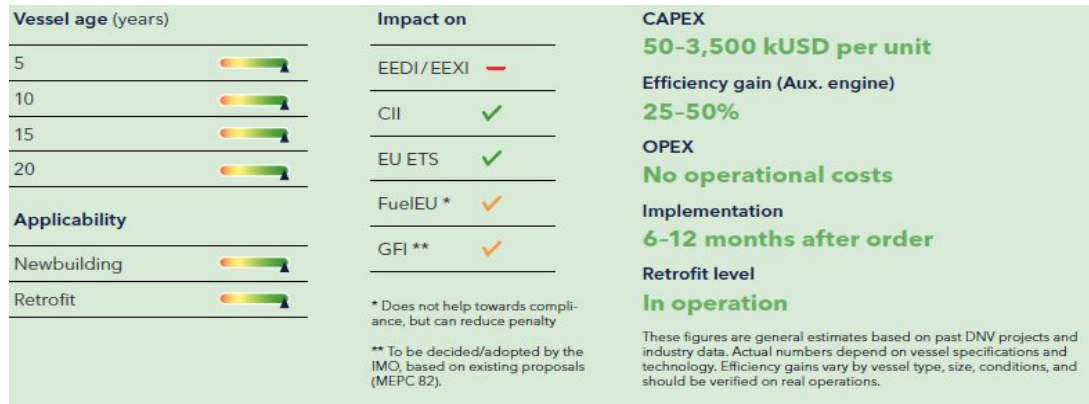
- Χρησιμοποιεί **ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά** για την τροφοδότηση των συστημάτων του πλοίου όταν είναι δεμένο (φωτισμός, φορτοεκφορτώσεις).
- **Καταργεί** τη λειτουργία των γεννητριών στο λιμάνι, βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση.
- **Μειώνει εκπομπές και θόρυβο** στις λιμενικές περιοχές.
- **Υποστηρίζει φόρτιση μπαταριών** για υβριδικά/ηλεκτρικά πλοία.
- Στο **FuelEU Maritime**, η ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά αντιμετωπίζεται ως **μηδενικών εκπομπών (well-to-tank)**.

Κύριες προκλήσεις

- Το υψηλό ηλεκτρικό φορτίο μπορεί να **επιβαρύνει τα δίκτυα** των λιμανιών· οι αναβαθμίσεις είναι δαπανηρές και χρονοβόρες ; **Πολύπλοκη χωροθέτηση** υποδομών σε πλοία και τερματικούς σταθμούς.
- **Έλλειψη τυποποίησης** σε τάσεις/συνδέσεις, ειδικά στα bulk carriers, δυσχεραίνει την εφαρμογή. ; Η **τυποποίηση** θα επέτρεπε **απρόσκοπτη διασύνδεση, μείωση κόστους** ειδικού εξοπλισμού και **υποστήριξη μείωσης εκπομπών** κατά την παραμονή στο λιμάνι.

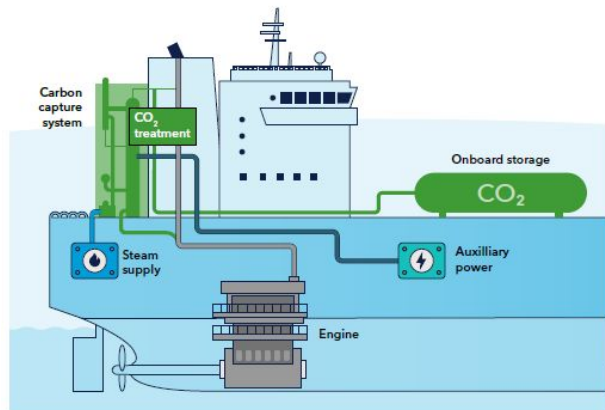
*Ο κανονισμός FuelEU Maritime εισάγει επίσης υποχρέωση μηδενικών εκπομπών κατά τον ελλιμενισμό για τα ίδια πλοία, που σημαίνει ότι από το 2030 και μετά πρέπει να χρησιμοποιείται shore power (ή άλλη τεχνολογία μηδενικών εκπομπών) όταν το πλοίο παραμένει πάνω από δύο ώρες δεμένο σε λιμένα TEN-T.

Other Systems: Shore Power



Other Systems: On- board Carbon Capture

Simplified illustration of subsystems in an onboard carbon capture system based on their functionality



Κύρια χαρακτηριστικά

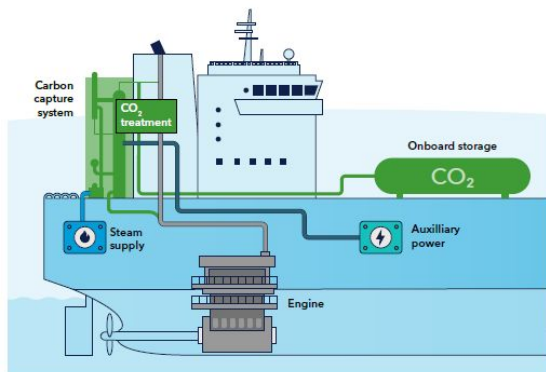
- Η **OCC** δεσμεύει CO₂ **απευθείας από τα καυσαέρια** πριν εκλυθεί στην ατμόσφαιρα.
- Μπορεί να εφαρμοστεί με ασφάλεια στα πλοία, αλλά απαιτεί **περαιτέρω ανάπτυξη και βελτιστοποίηση**.
- Η σκοπιμότητα εξαρτάται από:
 - **Μέγεθος πλοίου**, λειτουργικό προφίλ και **μοτίβο δρομολόγησης/απασχόλησης**.
 - **Διαθέσιμη ισχύ** και **θερμική ικανότητα** των μηχανών/βοηθητικών.
 - **Διαθέσιμο χώρο** για μονάδες δέσμμευσης και **δεξαμενές αποθήκευσης**.

Κύριες προκλήσεις

- Απαιτείται **αλυσίδα αξίας CO₂**: λιμενικές εγκαταστάσεις **παραλαβής** και **βιώσιμες μέθοδοι τελικής διάθεσης/αποθήκευσης**.
- **Μέγεθος δεξαμενών** και επίπτωση στο ταξίδι; ίσως χρειαστούν **ενδιάμεσες προσεγγίσεις**.
- **Ποινή καυσίμου**: πρόσθετη κατανάλωση για τη λειτουργία του συστήματος δέσμμευσης.
- **Ρυθμιστική αβεβαιότητα**: ασαφές πώς εντάσσεται σε σχήματα εκπομπών και **ανάλυση κύκλου ζωής (LCA)**.
- **Κίνδυνος απώλειας φορτίου** λόγω χώρου/βάρους του εξοπλισμού OCC.

Other Systems: On- board Carbon Capture

Simplified illustration of subsystems in an onboard carbon capture system based on their functionality



Vessel type suitability

	Bulk carriers	Small	
		Medium	
		Large	
	Tankers	Small	
		Medium	
		Large	
	Gas carriers	LNG	
		Others	
	PCTC	All	
	Cruise vessels	All	
	Containerships	<5k TEU	
		<15k TEU	
		>15k TEU	

Vessel age (years)

5	
10	
15	
20	

Applicability

Newbuilding	
Retrofit	

No point in including OCC in newbuilding today because of regulatory and infrastructure uncertainty. However in future newbuildings it is very relevant.

Impact on

EEDI / EEXI *	
CII **	
EU ETS ***	
FuelEU ****	
GFI *****	

* No provision yet from IMO
** No provision yet from IMO

*** only if proven permanent storage

**** to be discussed from 2027

***** as per MEPC 82, postponed for next MEPC

CAPEX

1-15 mUSD per installation

CO₂ reduction potential

10-40%

Not to be confused with absolute capture rate. High capture rates may be quite challenging due to machinery space, tanks size, and fuel penalty

OPEX

20-40%

Note: 15-30% additional FuelEx, but OPEX is more than this.

Implementation

12 months after order

Retrofit level

In operation, off-hire, or docking

These figures are general estimates based on past DNV projects and industry data. Actual numbers depend on vessel specifications and technology. Efficiency gains vary by vessel type, size, conditions, and should be verified on real operations.

Worked Payback example - Kamsarmax 34t/day

Assumptions

Fuel \$600/t; EUA €80/tCO₂; FX 1.07 \$/€; ETS coverage 60%; phase-in 40%; EF 3.114 tCO₂/t; LHV 41 GJ/t; FuelEU penalty €58.5/GJ; FuelEU deficit 2%; 240 sea-days. - NB Kamsarmax burns 20t/day of conventional fuel

Scenario	Measures	Combined saving %	New burn (t/day)	Gap to newbuild (t/day)	Annual fuel saved (t/yr)	Fuel \$ saving (USD/yr)	ETS € saving (EUR/yr)	FuelEU € saving (EUR/yr)	Total \$ saving (USD/yr)	CAP EX (USD)	Simple payback (yrs)
S1: Mainstream	High Performance Coating - HPC, Propeller Boss Cap Fin - PBCF, Variable Frequency Drive - VFDs	8.8	31.02	11.02	716	429453	42794	34335	511980	620000	1.21
S2: + Pre-swirl + HE rudder + Bulb bow	HPC, PBCF, VFDs, Pre-swirl stator, High-efficiency rudder, Bulbous bow retrofit	19.3	27.43	7.43	1577	946000	94267	75633	1127793	237000	2.1
S3: S2 + WAPS	HPC, PBCF, VFDs, Pre-swirl stator, High-efficiency rudder, Bulbous bow retrofit, WAPS	29	24.14	4.14	2367	1420000	141500	113529	1692881	437000	2.58
S4: S2 + ALS	HPC, PBCF, VFDs, Pre-swirl stator, High-efficiency rudder, Bulbous bow retrofit, ALS	24.2	25.78	5.78	1972	1183000	117884	94581	1410337	437000	3.1

“Which package would you pick—and why? Hint: weigh CAPEX vs payback vs absolute gap to 20 t/day.

Retrofits + operational discipline can meet near-term intensity targets on many trades and lower ETS/FuelEU exposure, but deep cuts (and 2050) need newbuild design + low-/zero-carbon fuels.

DISCLAIMER

© Optima Shipping Services 2025.

This report has been prepared by Optima Shipping Services and is addressed to Optima Shipping Services customers only and is for distribution only under such circumstances as may be permitted by applicable law. This information has no regard to specific investment objectives, financial situation or particular needs of any specific recipient. It is published solely for informational purposes and this information is not, and should not be construed as, an offer or solicitation to sell or buy any product, investment, security or any other financial instrument. Optima Shipping Services does not make any representation or warranty, express or implied, as to the accuracy, completeness or correctness of the information contained herein, nor is it intended to be a complete statement or summary of the securities, markets or developments referred to in the report. Neither Optima Shipping Services, nor any of its directors, employees or agents, accepts any liability for any loss or damage, howsoever caused, arising from any reliance on any information or views contained in this report. While this report, and any opinions expressed in it, have been derived from sources believed to be reliable and in good faith they are not to be relied upon as authoritative or taken in substitution for the exercise of your own commercial judgment. Any opinions expressed in this report are subject to change without notice. Optima Shipping Services is under no obligation to update or keep current the information contained herein. This report may not be reproduced or redistributed, in whole or in part, without the written permission of Optima Shipping Services accepts no liability whatsoever for the action of third parties in the respect. This information is the intellectual property of Optima Shipping Services. Optima Shipping Services logo is the trademark of the company. All rights reserved.

Produced by Optima Shipping Services Research

10, Ouranou Str
166 71
Kavouri Vouliagmeni
Greece
Tel: +30 210 8922000

Email: angelica.kemene@optimaships.com | research@optimaships.com

Website: www.optimaships.com



OPTIMA SHIPPING SERVICES