

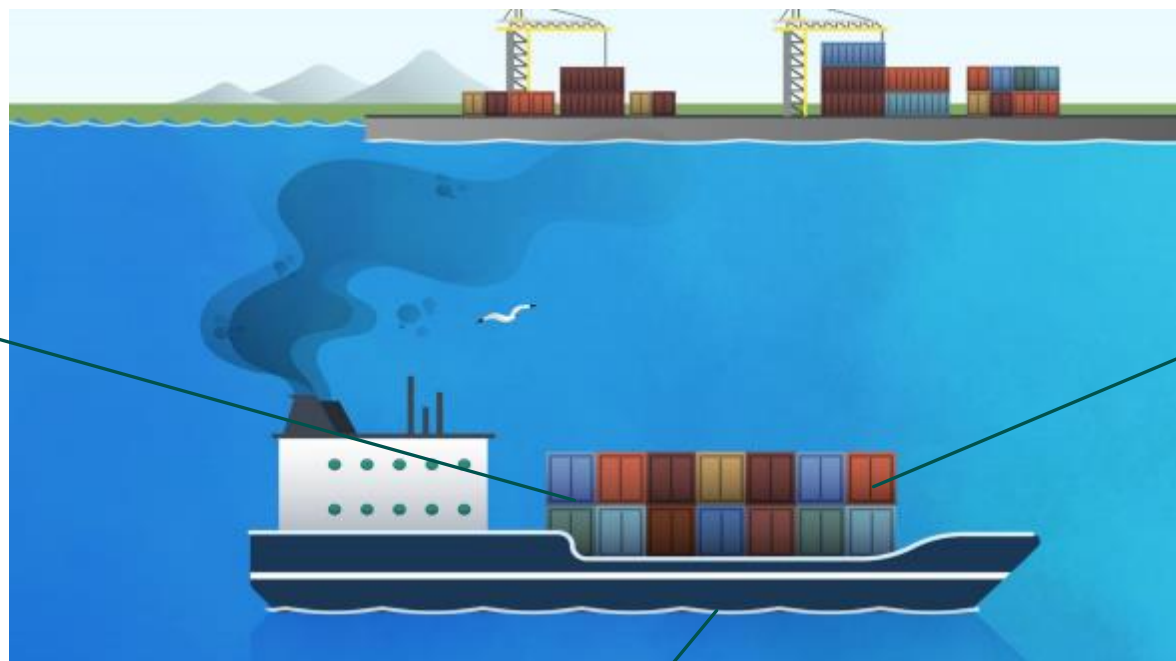
Emissioni navali: stato attuale e prospettive



A cura dell'Associazione Livorno Porto Pulito in collaborazione con
Emiliano Lubrano laureato in Ingegneria Navale e Yacht Design

Il trasporto marittimo è il metodo di trasporto più efficace al mondo su grandi distanze

In Europa: **75%** del commercio estero e **31%** del commercio interno



Oltre l'**80%** del volume del commercio internazionale

Ogni anno circa **400 milioni** di persone si imbarcano o sbarcano nei porti degli Stati Membri UE

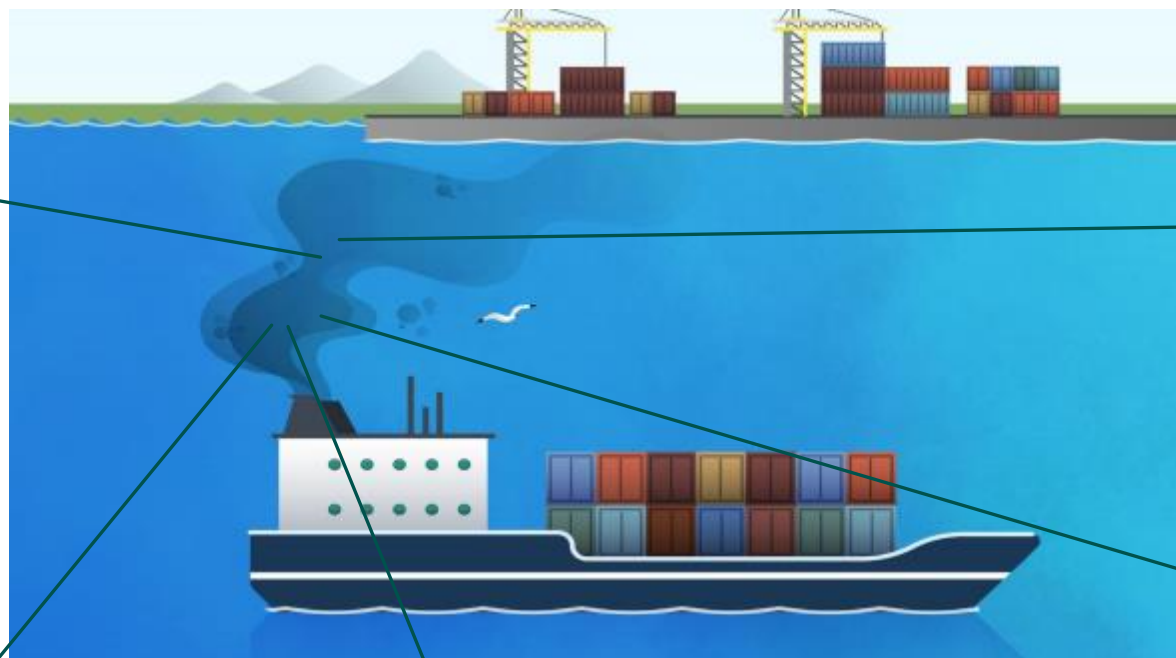
Fonti:

- Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea (2023). *Usa di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio nel trasporto marittimo, e che modifica la direttiva 2009/16/CE. Regolamento (UE) 2023/1805.*

- GloMEEP Project Coordination Unit International Maritime Organization and Institute of Marine Engineering, Science and Technology (IMarEST) (2018). *Ship emission toolkit. Guide N°1: rapid assessment of ship emissions in the national context.*

Il trasporto marittimo è legato al problema delle emissioni navali

3% delle emissioni globali di gas ad effetto serra (GreenHouse Gas-**GHG**)



Danni all'**ambiente** marino e non (eutrofizzazione, piogge acide) e alla **salute** (problemi cardiaci e alle vie respiratorie)

250 000 morti premature all'anno in tutto il mondo

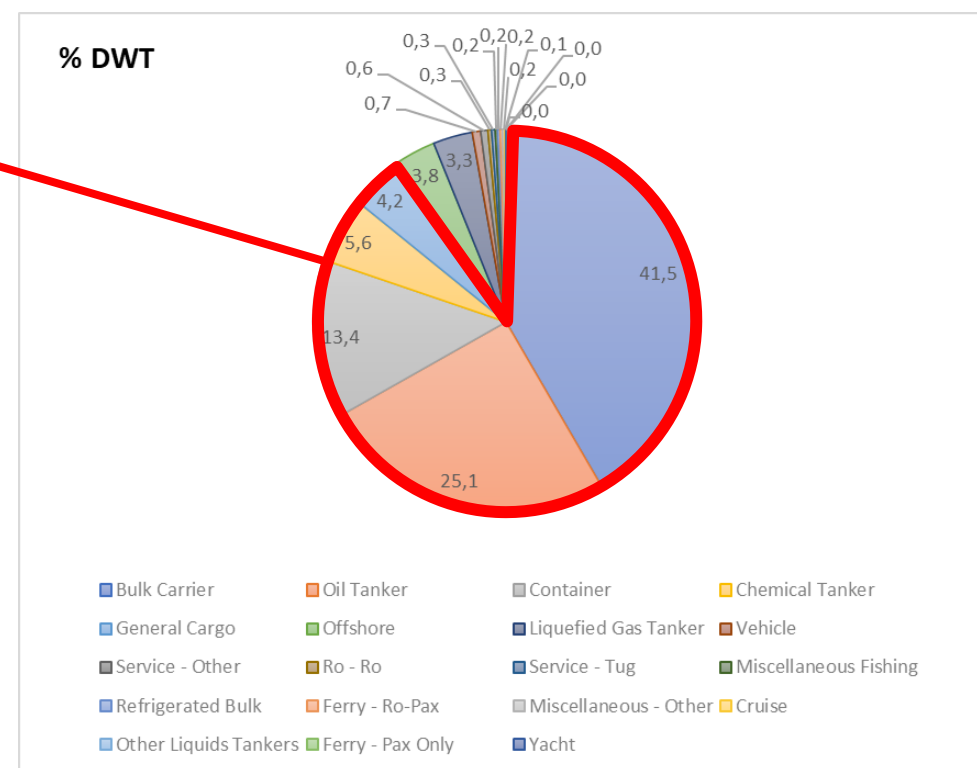
13% delle emissioni globali di ossidi di azoto(**NO_x**)

12% delle emissioni globali di ossidi di zolfo(**SO_x**)

Fonti:
- GloMEEP Project Coordination Unit International Maritime Organization and Institute of Marine Engineering, Science and Technology (IMarEST) (2018). Ship emission toolkit. Guide N°1: rapid assessment of ship emissions in the national context.
- IMO, International Maritime Organization (2020). Fourth IMO Greenhouse Gas Study: full report.
- Transport & Environment (2023). The return of the cruise. How luxury cruises are polluting Europe's.

Suddivisione della flotta globale

IMO Type	Type	Count	% Count	DWT	% DWT
1	Bulk Carrier	11672	9,8	8,1E+08	41,5
7	Oil Tanker	8177	6,8	4,9E+08	25,1
4	Container	5182	4,3	2,6E+08	13,4
3	Chemical Tanker	5506	4,6	1,1E+08	5,6
5	General Cargo	14994	12,5	8,1E+07	4,2
18	Offshore	7555	6,3	7,4E+07	3,8
6	Liquefied Gas Tanker	1953	1,6	6,5E+07	3,3
14	Vehicle	828	0,7	1,3E+07	0,7
19	Service - Other	6180	5,2	1,2E+07	0,6
13	Ro - Ro	2002	1,7	6,4E+06	0,3
16	Service - Tug	20251	16,9	5,8E+06	0,3
17	Miscellaneous Fishing	23911	20,0	4,8E+06	0,2
12	Refrigerated Bulk	895	0,7	4,4E+06	0,2
11	Ferry - Ro-Pax	3148	2,6	4,1E+06	0,2
20	Miscellaneous - Other	645	0,5	4,0E+06	0,2
10	Cruise	612	0,5	2,2E+06	0,1
8	Other Liquids Tankers	179	0,1	4,3E+05	0,0
9	Ferry - Pax Only	3459	2,9	3,1E+05	0,0
15	Yacht	2477	2,1	2,8E+05	0,0



I numeri presentati sono dati dall'Information Handling Service (IHS) il cui database si riferisce alle navi in servizio a metà del 2018 e comprende le navi con capacità maggiore di 100 GT (Gross Tonnage).

Tipologie propulsive

- Motori diesel (2T,4T)
- Turbine a gas
- Motori elettrici alimentati da diesel-generatori
- Motori elettrici alimentati a celle a combustibile (fuel cell)
- Motori a benzina
- Motori alimentati a LNG
- Turbine a vapore
- Sistemi combinati

Combustibili

Tradizionali

- Heavy Fuel Oil (HFO)
- Marine Diesel Oil (MDO)
- Combustibili a basso contenuto di zolfo (VLSFO – Very Low Sulphur Fuel Oil, ULSFO – Ultra Low Sulphur Fuel Oil)

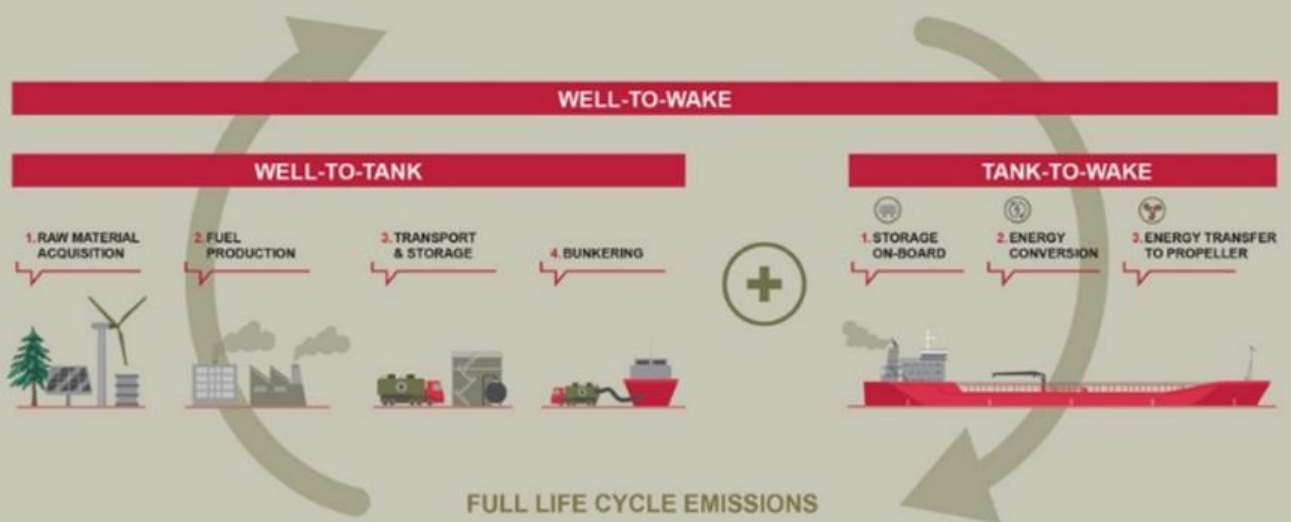
Alternativi

- Biocarburanti (biodiesel, HVO, biometano, biometanolo, bioetanolo, ecc.)
- Gas liquefatti (LNG, LPG)
- Idrogeno, metanolo, ammoniaca
- E-fuels

Confronto tra combustibili

WELL-TO-WAKE EMISSIONS

"Well-to-wake" refers to the entire process from fuel production, and delivery to use onboard ships, and all emissions produced therein.



Regolamento UE 2023/1805

Uso di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di anidride carbonica nel trasporto marittimo

Direttiva UE 2018/2001

Promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili

Global Warming Potential (su 100 anni)

$$CO_2 = 1$$

$$N_2O = 298$$

$$CH_4 = 25$$

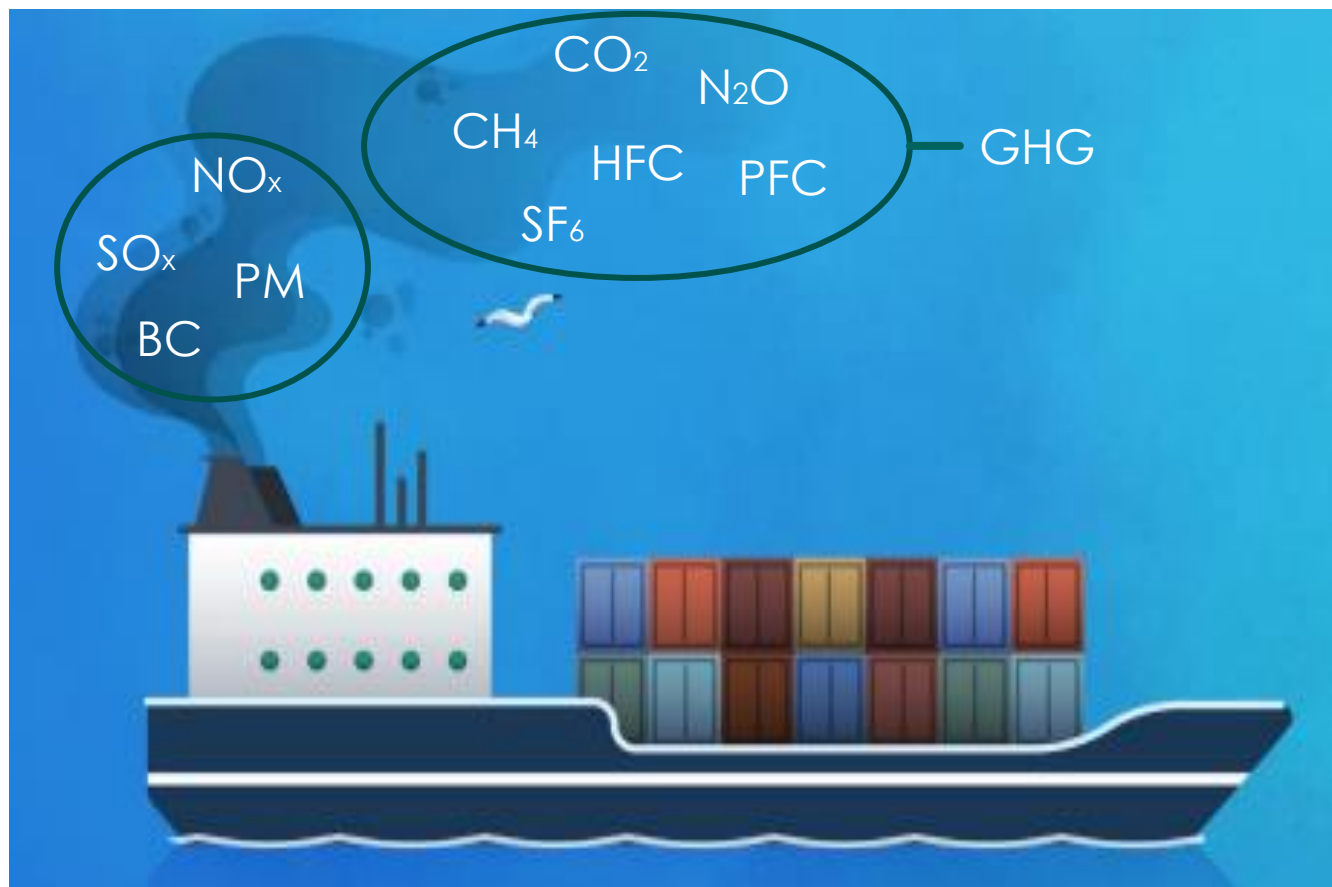
Emissioni dei gas serra

$$CO_{2eq}$$

Componenti delle emissioni

Air pollutants:

- **NO_x**: ossidi di azoto
- **SO_x**: ossidi di zolfo
- **PM**: particolato
- **BC**: Black Carbon



Greenhouse gases (**GHG**):

- **CO₂** : anidride carbonica
- **N₂O**: protossido di azoto
- **CH₄**: metano
- **HFC**: idrofluorocarburi
- **PFC**: perfluorocarburi
- **SF₆**: esafluoruro di zolfo

Emissioni nel campo navale

Addressing climate change

Over a decade of regulatory action to cut GHG emissions from shipping



Committee outputs

Energy efficiency regulations for ships: EEDI and SEEMP

DCS regulations

Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships

Short-term measure: EEXI, CII

Revised procedure on assessment of impacts on States
- Consideration of mid-term measures

2023 IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships

LCA guidelines
- Biofuels circular

Comprehensive impact assessment

Review of short-term measure
- Approval of basket of mid-term measures

Net-zero GHG emissions by or around, i.e., close to, 2050

40% reduction of CO₂ per transport work
- 5% uptake of zero-emission fuels, striving for 10%
- Indicative checkpoint: 20% reduction of the total annual GHG, striving for 30%

2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025

2030

2040

2050

Implementation

EEDI and SEEMP

3rd IMO GHG Study

Fuel consumption report to DCS

4th IMO GHG Study

Aggregated results of the 2019 fuel consumption data

EEXI survey

Collection of carbon intensity data (CII) for existing ships

Indicative checkpoint: 70% reduction of the total annual GHG, striving for 80%

EEDI Phase 3 for certain ship types

EEDI phase 3 for remaining ship types

EEDI Phase 1

EEDI Phase 2

- mandatory measures and guidance
- evidence-based decision making
- strategic objectives

Emissioni gas serra in CO_{2eq}:

2012 → 977 milioni di tonnellate

2018 → 1076 milioni di tonnellate

Previsioni: +90 -130% (rispetto al 2008) di emissioni di CO₂ entro il 2050

Obiettivi:

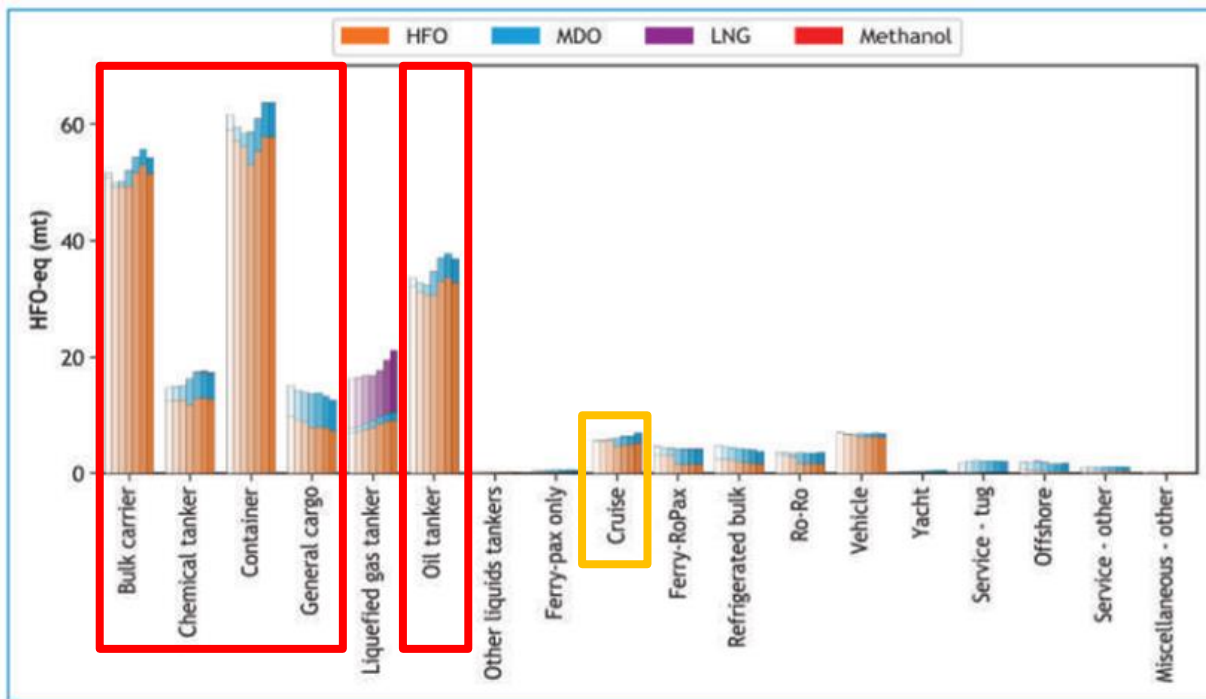
- Riduzione del 70% delle emissioni di GHG nel **2040**
- Raggiungimento di emissioni zero di GHG nel **2050**

Fonti:

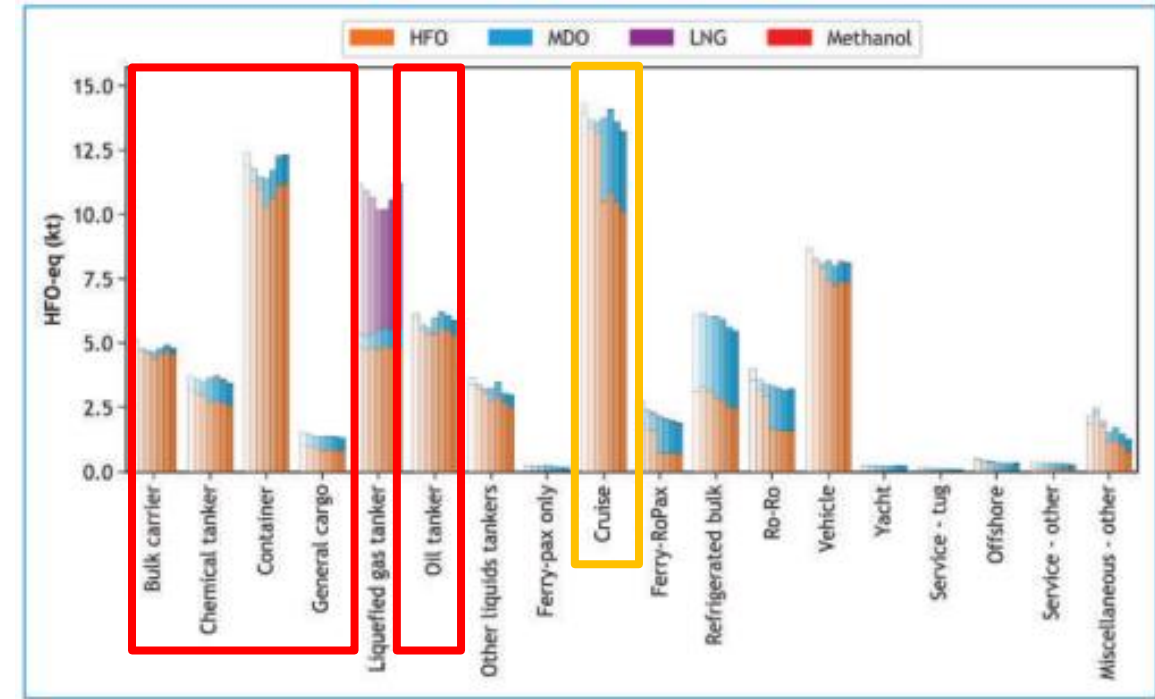
- IMO, International Maritime Organization (2020). Fourth IMO Greenhouse Gas Study: full report.

- IMO, International Maritime Organization (2023). IMO's work to cut GHG emissions from ships.

Emissioni nel campo navale



Consumo totale annuale di carburante riferito al 2018



Consumo medio annuo di carburante per nave riferito al 2018

Emissioni crocieristiche

Ranking	Port city	Number of cruise ships	Cruise ships SOx emissions (Kg)	Cruise ships Nox emissions (Kg)	Cruise ships PM2.5 emissions (Kg)	Ratio of SOx from cruise ships and LDVs	Ratio of NOx from cruise ships and LDVs	Ratio of PM2.5 from cruise ships and LDVs
1	Barcelona	106	18277	807598	19773	2,82	0,34	0,07
2	Qvitavecchia	103	16307	753321	18566	39,19	6,1	1,52
3	Pireaus	84	12418	464180	11323			
4	Palma Mallorca	79	12285	463886	10197	4,06	0,42	0,08
5	Lisbon	108	11132	278217	4766	2,44	0,12	0,01
6	Hamburg	47	10445	278031	4630	1,05	0,11	0,02
7	Southampton	45	9676	485212	12445	8,5	1,5	0,34
8	Mykonos (Mikonos)	56	9670	360570	8269			
9	Thira	69	9221	370636	8859			
10	Funchal	96	9041	232553	3944			
11	Napoli	68	8863	432395	10943	1,32	0,22	0,06
12	Marseille	75	8763	447326	11494	1,95	0,35	0,08
13	Genova	31	8546	452751	11795	2,62	0,47	0,12
14	Stockholm	49	7815	191733	3298	1,79	0,16	0,02
15	Kiel	39	7530	202063	3365	7,1	0,74	0,12
16	Livorno	53	7262	280236	6781	6,79	0,88	0,22

Emissioni di SO_x, NO_x e PM_{2.5} delle navi da crociera confrontate con quelle dei light duty vehicles (LDVs) nel 2022

Porto di Venezia

Rispetto al 2019 scende al 41° posto a causa del divieto posto alle navi da crociera superiori a 25 000 GT di entrare nelle acque della città.

Emissioni di SO_x ridotte dell'80%

Porto di Barcellona

106 navi da crociera → 18 000 Kg di SO_x

531 749 LDVs → 6000 Kg di SO_x

Aspetti normativi

International Maritime Organization (**IMO**)



International Convention for the Prevention of Pollution from Ships – **MARPOL** (MARine POLLution) (1973)

How does IMO's marine protection treaty make a difference?

The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) contains six annexes:

OIL ANNEX I
Prevention of Pollution by Oil (entered into force 2 October 1983)

NOXIOUS LIQUID SUBSTANCES ANNEX II
Control of Pollution by Noxious Liquid Substances in Bulk (entered into force 2 October 1983)

HARMFUL SUBSTANCES ANNEX III
Prevention of Pollution by Harmful Substances Carried by Sea in Packaged Form (entered into force 1 July 1992)

SEWAGE ANNEX IV
Prevention of Pollution by Sewage from Ships (entered into force 27 September 2003)

GARBAGE ANNEX V
Prevention of Pollution by Garbage from Ships (entered into force 31 December 1988)

AIR ANNEX VI
Prevention of Air Pollution from Ships (entered into force 19 May 2005)

IMO INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION
MARPOL AT 50 OUR COMMITMENT GOES ON

Prevention of Air Pollution from Ships – **Annex VI** (entrata in vigore: 2005 – 5 capitoli e 10 appendici)

Aspetti normativi

Capitolo 3 – «Requirements for control of emissions from ships» (dal regolamento 12 al 18)

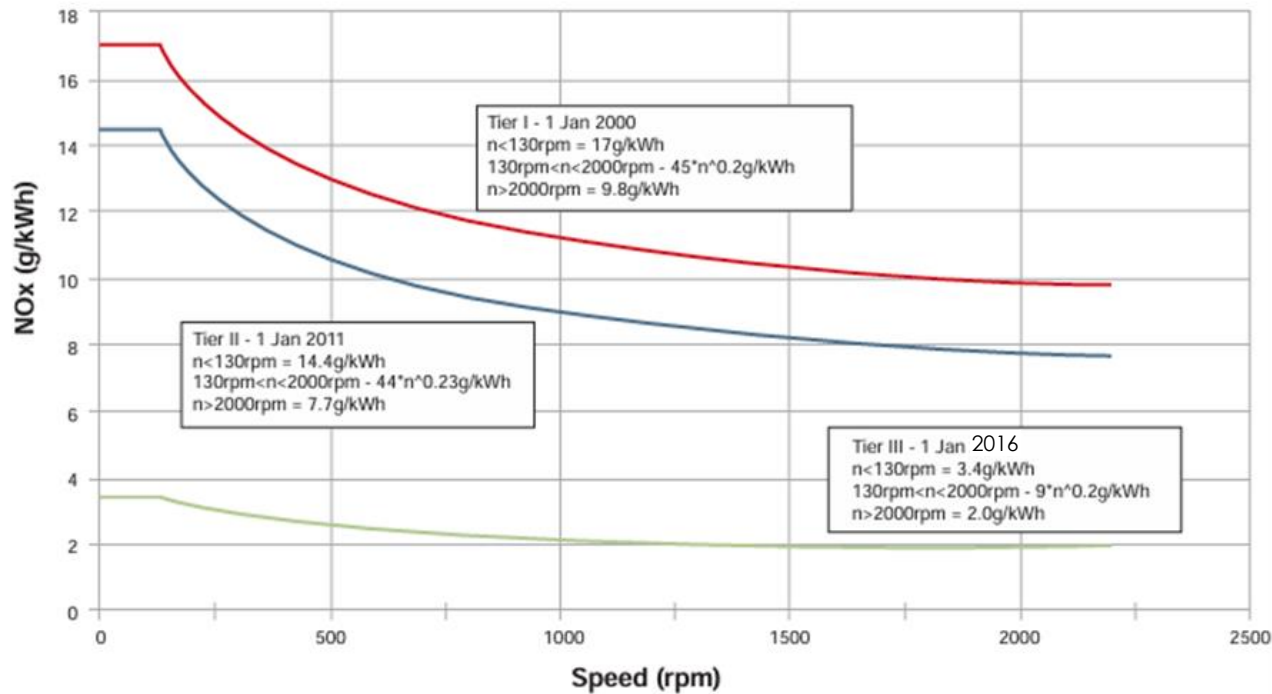
definisce



- Limiti **NO_x** (ossidi di azoto)
- Limiti **SO_x** (ossidi di zolfo) e particolato
- Aree ad emissioni controllate (**ECA** – Emission Control Area): parti ristrette dei mari soggette a norme più restrittive delle altre per salvaguardare l'ambiente

Regolamento 13 - NOx

IMO ANNEX VI NOx LIMITS



Tier I, Tier II, Tier III stabili dall'IMO per limitare le emissioni di NOx



North American ECA, United States Caribbean Sea ECA, Baltic Sea ECA and North Sea ECA.

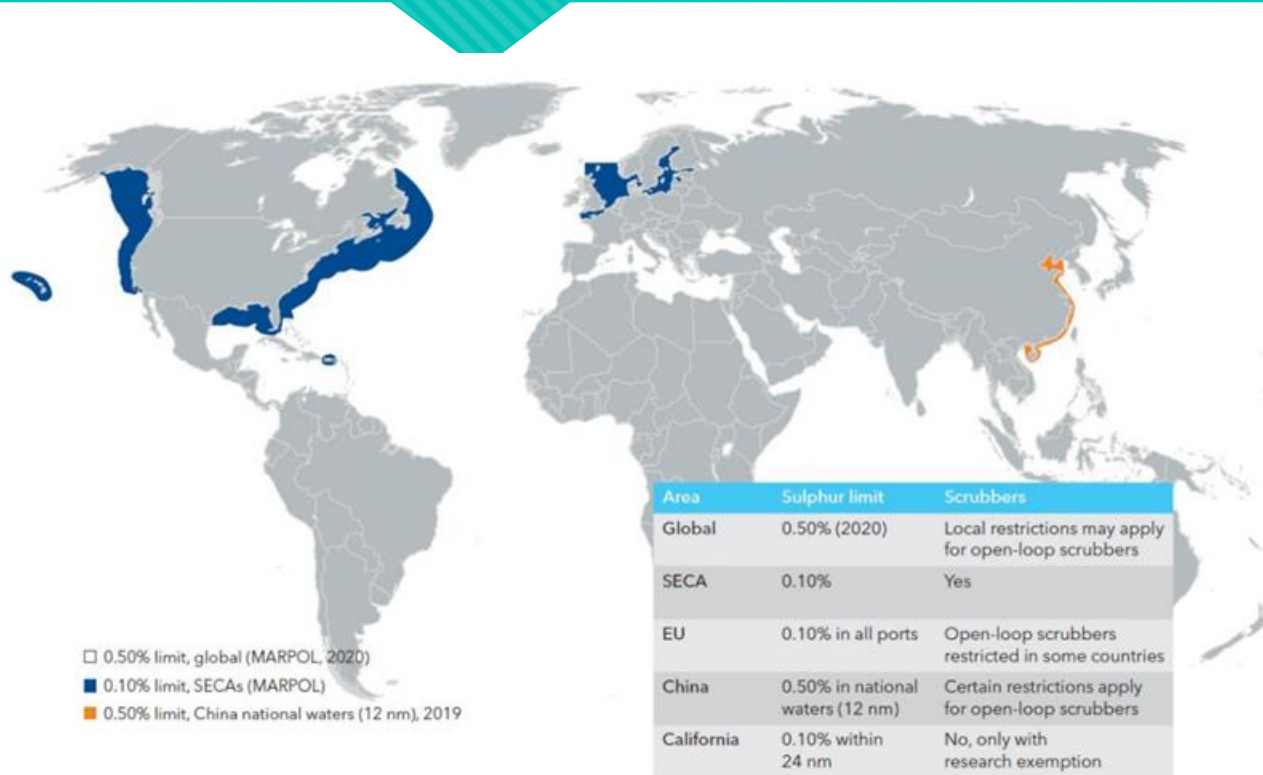


Emission Control Area (ECA) per limiti NOx (NECA) attualmente in vigore

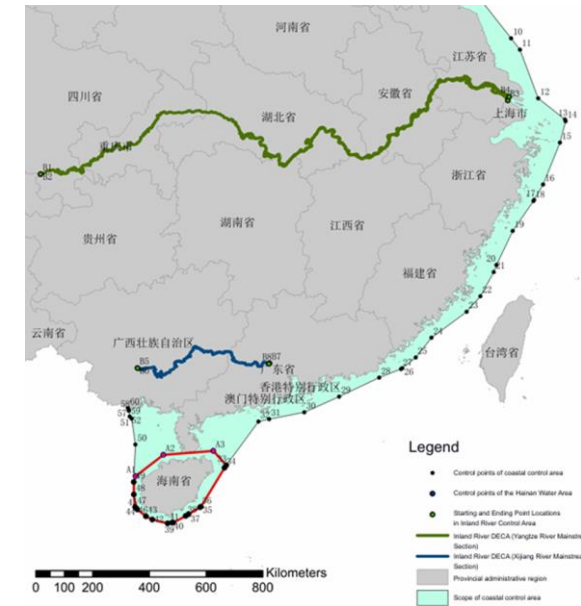
Fonti:

- American Bureau of Shipping (2020). Regulatory debrief for NOx Tier III compliance for yachts.
- IMO, International Maritime Organization (2018). Air Pollution and energy efficiency. MARPOL Annex VI NOx Tier III: Impact on large yachts of less than 500 gross tonnage which are designed and used solely for recreational purposes. Submitted by ICOMIA. MEPC 73/INF.6
- IMO, International Maritime Organization (2021). MARPOL Annex VI. Regulation for the prevention of air pollution from ship. Resolution MEPC.328(76).

Regolamento 14 – SO_x e particolato



Aree **ECA** con limite dello 0,10% di SO_x in **Corea del Sud**



Domestic Emission Control Area (**DECA**), con limite dello 0,10% di SO_x, in **Cina**.

Emission Control Area (**ECA**) per limiti SO_x (**SECA**) attualmente in vigore.

Limite massimo per le navi ormeggiate nei porti dell'**UE**: 0,10% di SO_x e particolato.

Limite massimo per le navi capaci di ospitare più di 100 passeggeri nel porto di **Sidney**: 0,10% di SO_x.

Fonti:

- Transport & Environment (2023). The return of the cruise. How luxury cruises are polluting Europe's.
- Ministry of Transport of the People's Republic of China (2018).
- Implementation Scheme of the Domestic Emission Control Areas for Atmospheric Pollution from Vessels.
- DNV, Det Norske Veritas (2020). A new ECA and speed reduction limits in South Korean ports.
- IMO, International Maritime Organization (2021). MARPOL Annex VI. Regulation for the prevention of air pollution from ship. Resolution MEPC.328(76).

Nuove aree ECA

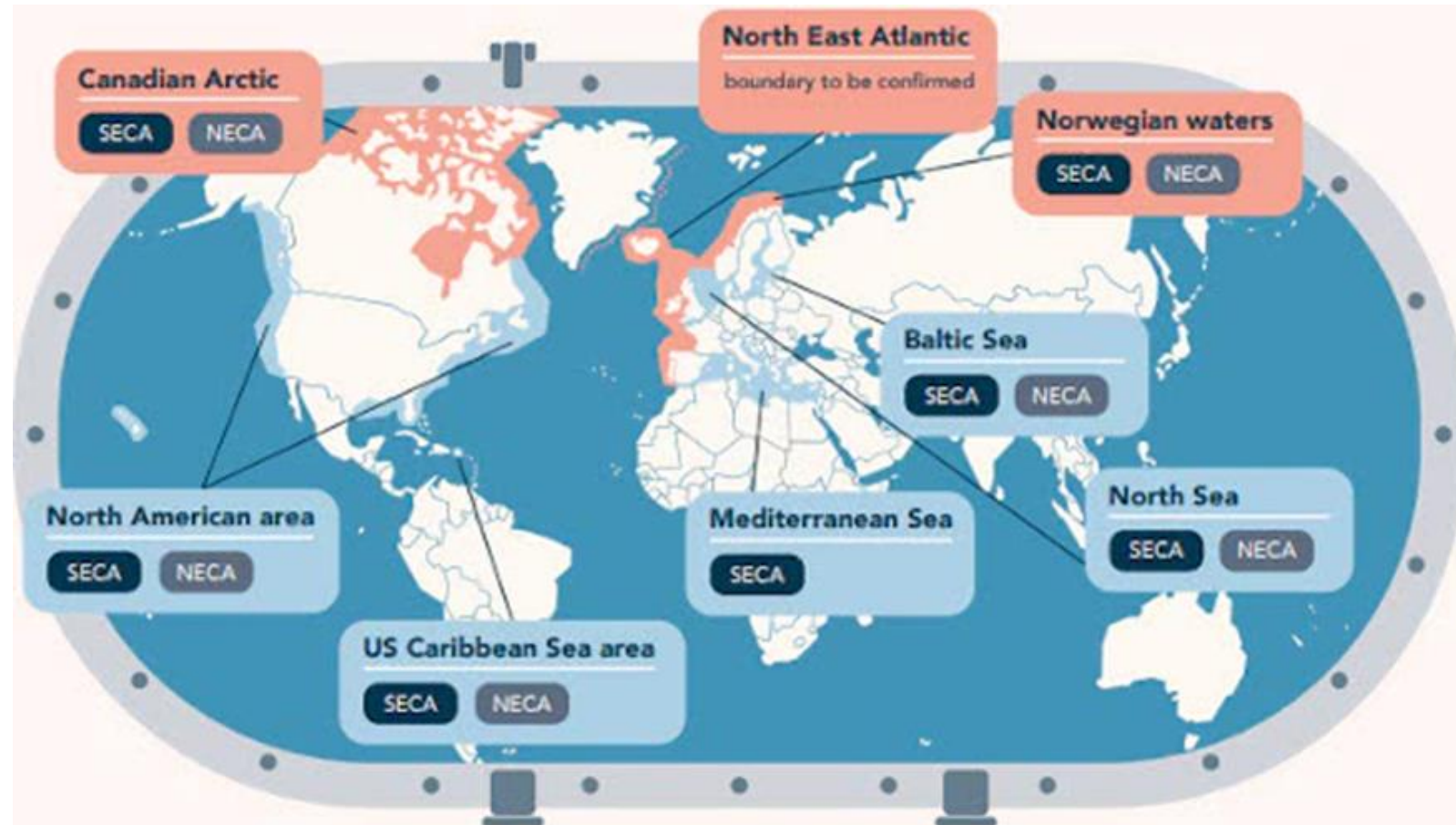
2025: entrata in vigore della **Mediterranean Sea** Emission Control Area per SO_x e particolato.

Nuove proposte:

- Area **ECA** per NO_x, SO_x e particolato nelle **acque artiche canadesi**.
- Area **ECA** per NO_x, SO_x e particolato nel **Mare di Norvegia**.



Entrata in vigore: **2026 ?**



Aspetti normativi

Capitolo 4 – «Regulations on the carbon intensity of international shipping» (dal regolamento 19 al 28)

Definisce indici e misure tecniche volte a promuovere l'uso di tecnologie più efficienti dal punto di vista energetico al fine di ridurre le emissioni di **CO₂** e rendere perciò le navi meno inquinanti.



- Energy Efficiency Design Index (**EEDI**)
- Energy Efficiency Existing Ship Index (**EEXI**)
- Operational Carbon Intensity Indicator (**CII**)
- Ship Energy Efficiency Management Plan (**SEEMP**)

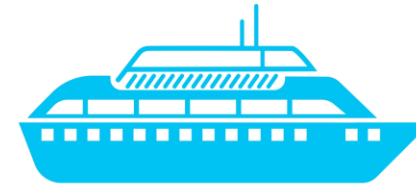
Energy Efficiency Design Index (EEDI)

Regolamenti 22 e 24

Entrato in vigore dal **1° gennaio 2013**,
si applica a tutte le nuovi navi con stazza pari o superiore a **400 GT**

EEDI

ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX
IMPROVING THE TECHNICAL
PERFORMANCE OF NEW BUILD SHIPS



Ships which are **designed and constructed today** must be **MORE ENERGY EFFICIENT** than the baseline, thus reducing their carbon intensity



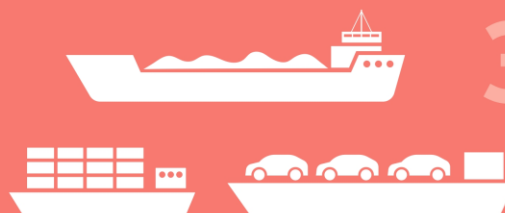
1

Performance targets are increasingly stringent over time, thus **INCENTIVIZING INNOVATION** in ship design



2

There are **DIFFERENT GOALS FOR DIFFERENT TYPES OF SHIPS**, recognizing the specificities of different types of ships



3

For example, **THE LARGEST CONTAINER SHIPS (>200,000 DWT)** built after 1 April 2022 **must be 50% more efficient** than the baseline



4

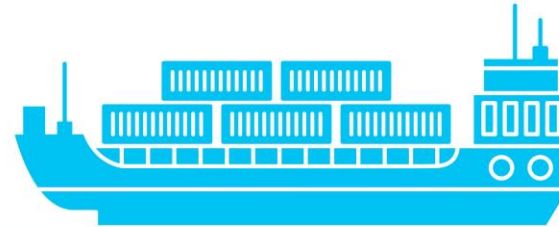
Energy Efficiency Index for Existing Ships (EEXI)

Regolamenti 23 e 25

Entrato in vigore dal **1° gennaio 2023**,
si applica a tutte le nuovi esistenti con stazza pari o superiore a **400 GT**

EEXI

ENERGY EFFICIENCY EXISTING SHIPS INDEX IMPROVING
THE TECHNICAL PERFORMANCE OF EXISTING SHIPS



The requirements
for EEXI certification
ENTERED
INTO FORCE
on **1 November 2022**



1



All ships are required
to calculate their
Attained Energy
Efficiency
EXISTING SHIP
INDEX (EEXI)

2



The EEXI is a
ONE-TIME
CERTIFICATION
for existing ships
targeting design
parameters

3



There are a variety
of technical means to
IMPROVE
THE CARBON
INTENSITY
of existing ships
and **achieve the**
Required EEXI



4



A review clause requires **IMO** to
REVIEW THE EFFECTIVENESS
of the implementation of the EEXI
requirements, by 1 January 2026 at the
latest, and, if necessary, **develop and**
adopt further amendments



5



Carbon Intensity Indicator (CII) Regolamento 28

Entrato in vigore dal **1° gennaio 2023**,
si applica a tutte le navi esistenti con stazza pari o superiore a **5000 GT**

CARBON INTENSITY INDICATOR (CII RATING)



IMPROVING THE OPERATIONAL PERFORMANCE OF EXISTING SHIPS

Each year, ships of 5,000 gross tonnage and above **collect and report fuel consumption data**.
On the basis of this data,

A CARBON INTENSITY RATING IS ASSIGNED TO THE SHIP, FROM A TO E



There are a variety of operational means to **IMPROVE THE CARBON INTENSITY OF EXISTING SHIPS**

and achieve the Required CII, e.g.:

- Ship speed optimization
- Weather routing
- Just-in-time arrival
- Trim, draft, and ballast optimization



Poorly rated ships **have to implement A PLAN OF CORRECTIVE ACTIONS**, and the company is regularly audited
incentives may be provided to best rated (A/B) ships



The requirements for CII rating ENTERED INTO EFFECT on 1 January 2023

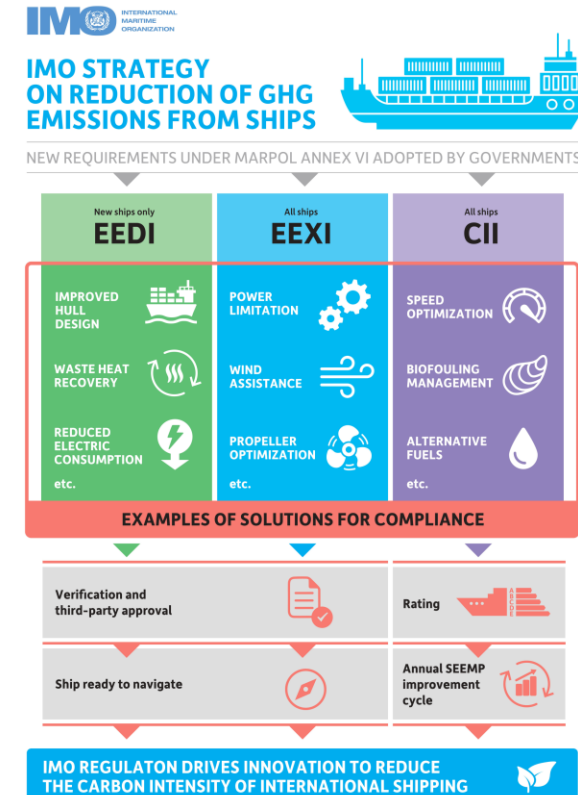


Ship Energy Management Plan (SEEMP)

Regolamento 26

Entrato in vigore dal **1° gennaio 2013** ed è diviso in tre parti:

- Parte I: fornisce un approccio per monitorare le prestazioni della nave e della flotta nel tempo e descrivere modi per migliorare l'efficienza energetica della nave e ridurre l'intensità di generazione di CO₂. Si applica a tutte le navi di 400 GT e superiore.
- Parte II: piano di raccolta dei dati sul consumo di combustibile delle navi (consumo annuo, misurazione emissioni di CO₂, ecc.). Si applica a tutte le navi di 5000 GT e superiore.
- Parte III: operational carbon intensity plan (calcolo CII, metodologie utilizzate, piano di attuazione delle misure di miglioramento dell'efficienza energetica). Si applica a tutte le navi di 5000 GT e superiore.



Soluzioni per migliorare l'efficienza energetica e ridurre le emissioni

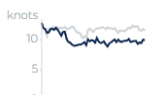
- Riduzione della velocità e ottimizzazione del viaggio riducendo i tempi di attesa (piattaforma Blue Visby)



Cumulative CO₂ savings
For voyages to Port Hedland in 2019

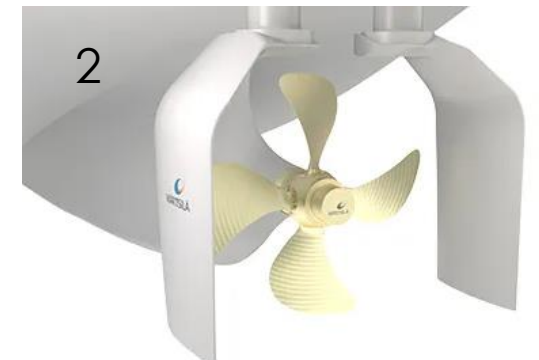
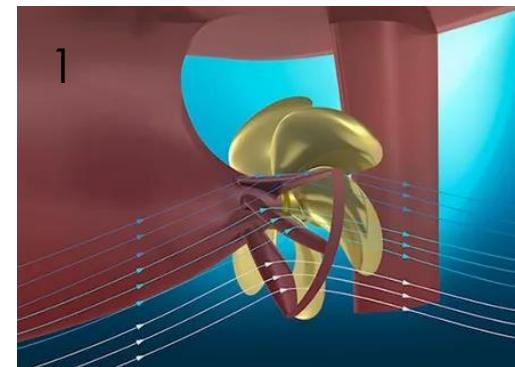


Average speed



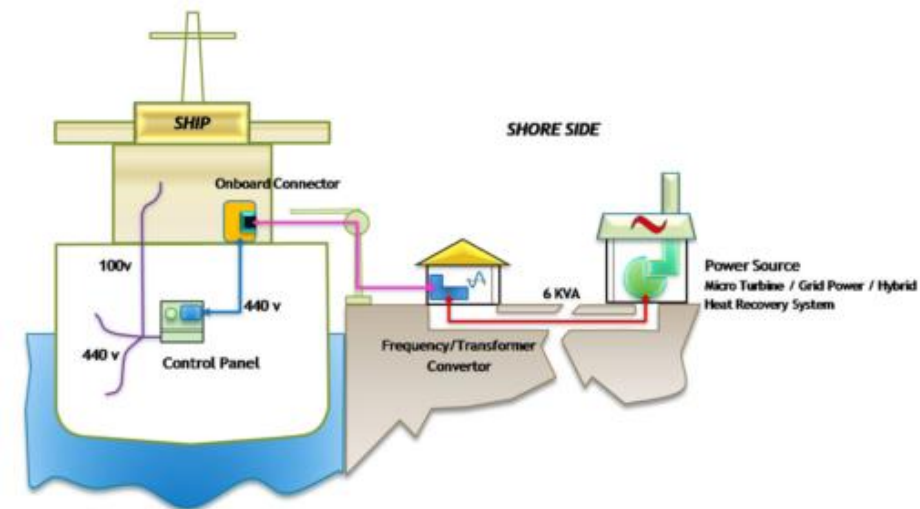
<https://bluevisby.com/how-does-it-work/>

- Energy saving device: pre-swirl stator (1), gate rudder (2), propeller cap (3)



Soluzioni per migliorare l'efficienza energetica e ridurre le emissioni

- Energia eolica (rotori)
- Energia solare (pannelli fotovoltaici)
- Cold Ironing (banchine elettrificate)



Soluzioni per migliorare l'efficienza energetica e ridurre le emissioni

- Utilizzo combustibili a minori emissioni



Una delle soluzioni che potrebbero avere miglior potenziale sono gli **e – fuels** (o RNFBO - renewable fuels of non biological origin): e – ammonia, e – hydrogen, e – diesel, e - methanol

- Attenzione alle soluzioni chiamate «green» ma che in realtà presentano grosse problematiche



LNG (Liquefied Natural Gas): composto principalmente da metano che ha un elevato potenziale di riscaldamento globale (GWP su 100 anni = 25) e presenta importanti perdite e fughe nelle fasi di produzione, trasporto, stoccaggio e utilizzo.

Biocarburanti: produzione da colture (soia, colza, ecc.) provoca deforestazioni e perdita di biodiversità → emissioni di gas ad effetto serra molto elevata.

Valutare l'impatto dei combustibili secondo il principio «Well – to – Wake», vedi slide n°7

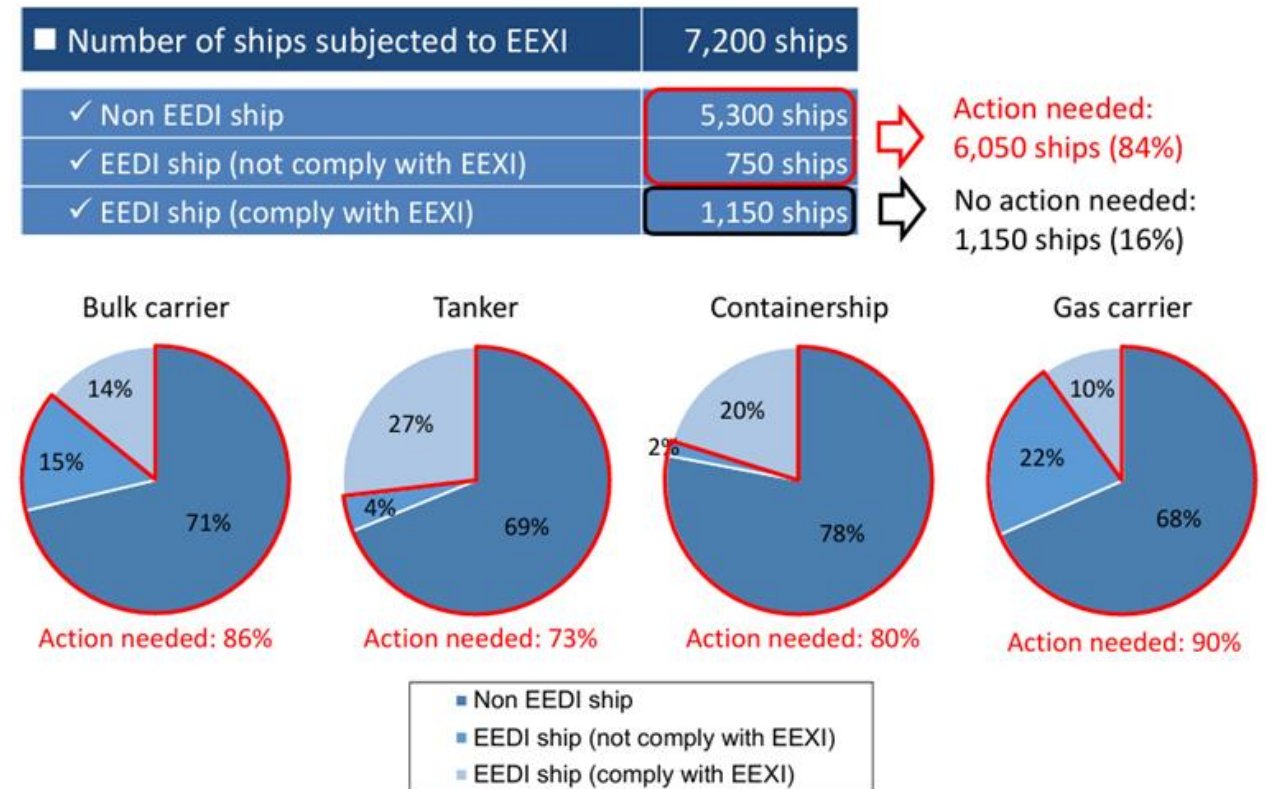
Fonti:

- Transport & Environment (2023). Fossil gas: the greenwashing pill shipping wants you swallow.
- Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea (2023). Uso di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio nel trasporto marittimo, e che modifica la direttiva 2009/16/CE. Regolamento (UE) 2023/1805.

Soluzioni per migliorare l'efficienza energetica e ridurre le emissioni

- Hull coating e pulizia dello scafo
- Lubrificazione dello scafo tramite aria
- Recupero di calore

Ogni soluzione tecnologica deve essere valutata attentamente anche in funzione del tipo e dell'utilizzo di nave su cui dovrà essere utilizzata.



Fonti:

- GloMeep. Hull coating. Glomeep.imo.org
- GloMeep. Waste heat recovery systems. Glomeep.imo.org
- NK, Nippon Kaiji Kyōkai (2021). Outline of EEXI regulation.

Soluzioni per la riduzione di emissioni

- **SCR** (Selective Catalytic Reduction) → riduce le emissioni di NOx
- **Scrubber** → sistemi di depurazione che rimuovono ossidi di zolfo nei gas di scarico



Attenzione!

Rilascia negli oceani acqua contaminata con agenti inquinanti come metalli pesanti, PM, e idrocarburi poliaromatici (PAH). Alcuni paesi come **Portogallo, Spagna e Belgio** ne hanno limitato e/o vietato l'utilizzato.

Conclusioni

- Investimenti da parte di tutte gli attori in gioco sulle tecnologie e le soluzioni che portano ad un reale miglioramento dell'efficienza energetica e presentano meno problematiche dal punto di vista ambientale.
- Normative più stringenti: ad esempio ampliare le aree NECA e SECA.
- Incremento del monitoraggio delle emissioni e maggiori controlli da parte delle autorità preposte.

Grazie per l'attenzione



Questa presentazione si basa sulla tesi di Laurea Magistrale intitolata proprio «Emissioni navali: stato attuale e prospettive» realizzata da Emiliano Lubrano, laureato in Ingegneria Nautica e Yacht Design presso il Campus Universitario di La Spezia (Università degli Studi di Genova)