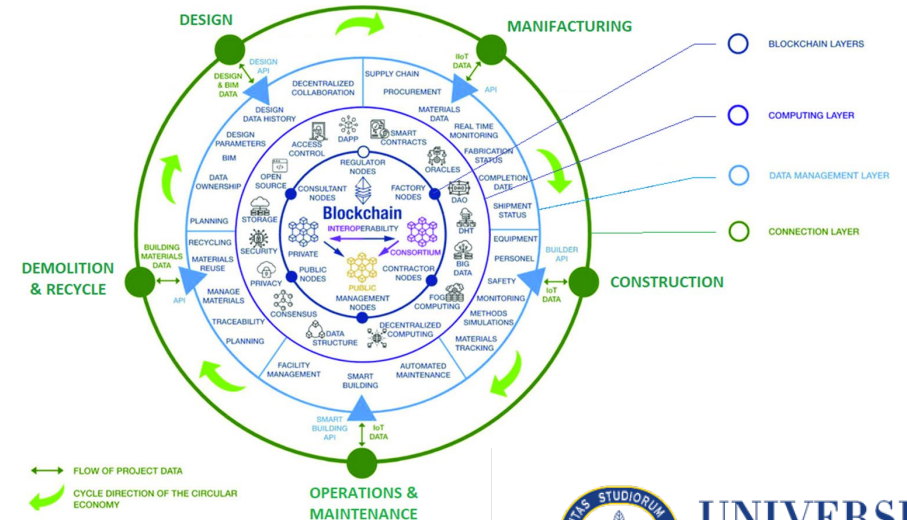
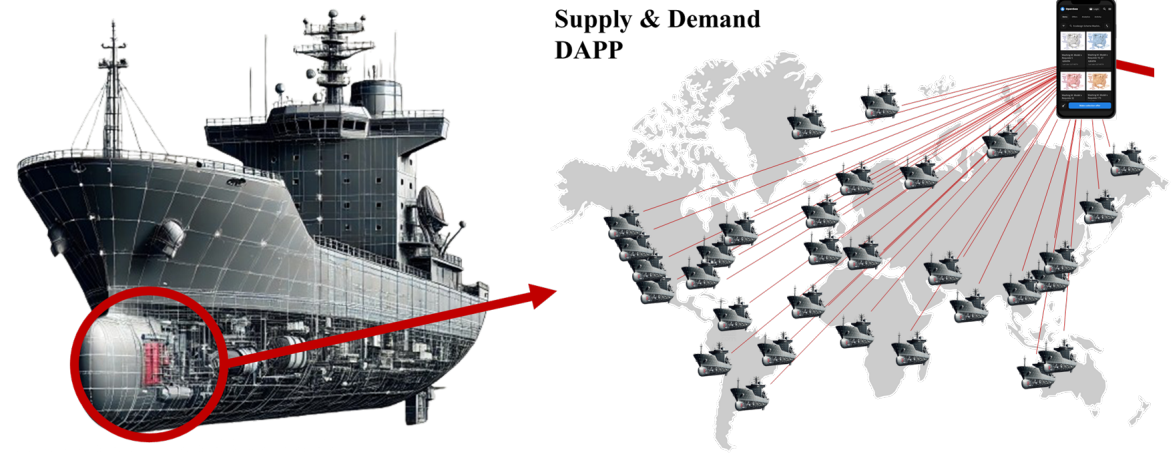
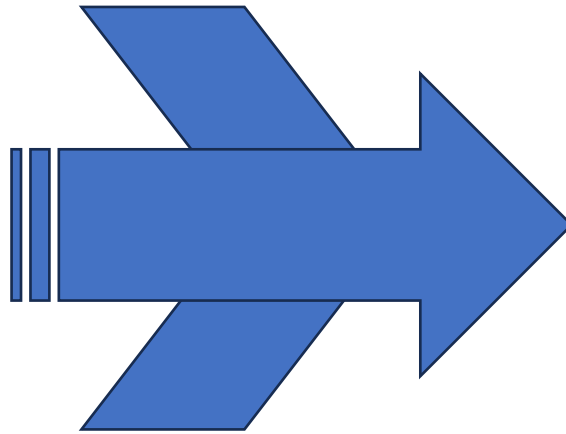
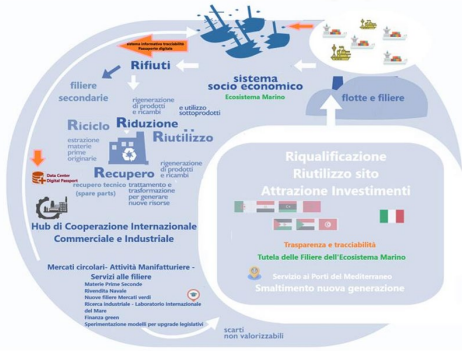


Shiprecycling



Prof. Enrico Maria Mosconi
enrico.mosconi@unitus.it

National Spokesperson & Chief of the
 Italian Association of Culture of Quality Aicq



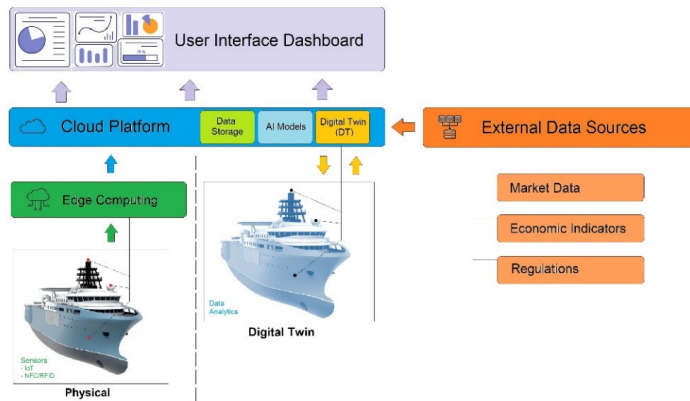
Digital Twin and Blockchain Technology Empowered by AI: A New Paradigm for Sustainable Ship Spare Part Logistics

Marco Stella

Enrico Maria Mosconi

Mattia Gianvincenzi

Francesco Tola



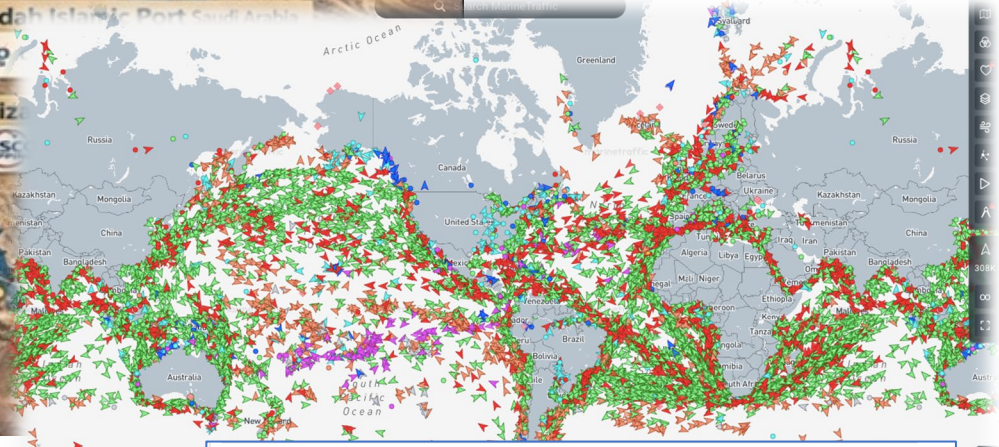
Digital Twin and Blockchain Technology Empowered by AI: A New Paradigm for Sustainable Ship Spare Part Logistics

Marco Stella¹, Enrico Maria Mosconi¹, Mattia Gianvincenzi¹, Francesco Tola¹

¹ Department of Economics, Engineering, Society and Business, Tuscia University, Viterbo, Italy

Abstract. In maritime supply chain management, challenges such as material traceability, environmental sustainability, and economic efficiency significantly hinder effective materials management and limit the opportunities for recycling and reusing ship components. This study presents a framework that integrates blockchain technology (BT), smart contracts (SC), and artificial intelligence (AI) to address critical challenges in maritime supply chain management, such as material traceability, environmental sustainability, and economic efficiency. This framework represents a precursor to a more complex and advanced development. The main objective of the study is to analyze existing technologies and evaluate how they can be implemented more efficiently and practically in the maritime sector. The framework enhances the lifecycle management of ship components, promotes circular economy practices, and improves overall logistics operations. The integration of digital twin (DT) technology further supports real-time monitoring and decision-making, creating a scalable and adaptable ecosystem that optimizes resource use and maximizes residual value. The research outlines the po-

Tra Vecchie e Nuove Rotte



RED SEA SHIPPING DISRUPTION: CAUSES & CONSEQUENCES

CONFLICT & ATTACKS

(Dec 2023 - H2 2025)

Houthi missile attacks impede trade

Mid-Dec 2023

REROUTING VIA CoGH

Cape of Good Hope (CoGH)

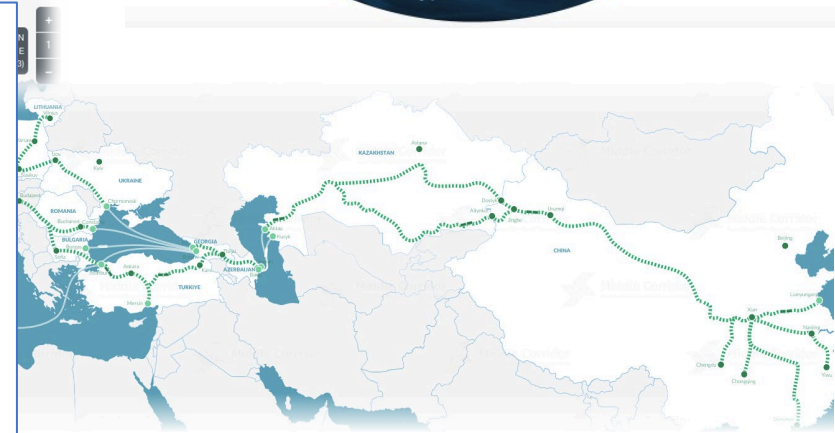
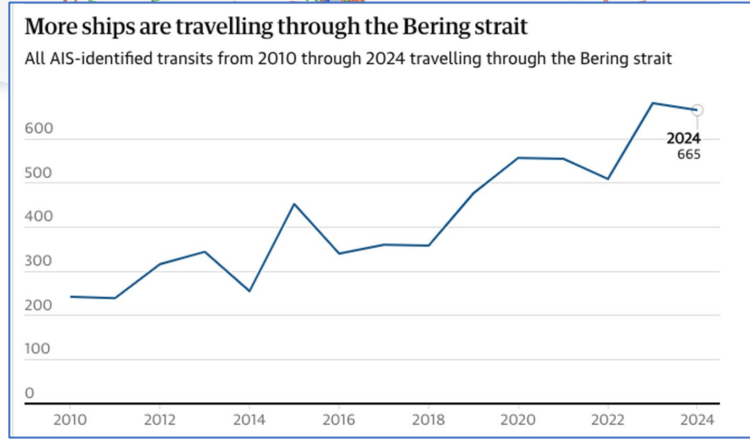
IMPACT ON CARRIERS & RATES

Maintained Equilibrium

Eased Pressure

LONGER TRANSIT TIMES

Additional Capacity Absorber!



Fonte: The Guardian (2026). Greenland: new shipping routes, hidden minerals – and a frontline between the US and Russia?

Lo shipping (trasporto marittimo) emette circa 940-1 miliardo di tonnellate di CO2 all'anno. Questo volume rappresenta circa il 2,5% - 3% delle emissioni globali di anidride carbonica

Leading flags of registration, 1 January 2025

Rank	Flag of registration	Number of vessels	Share of world total vessels (percentage)	Dead weight tons (thousands)	Share of world total dead weight tons (percentage)	Average vessel size (thousands of dead weight tons)	Growth in dead weight tons 2024-2025 (percentage)
1	Liberia	5 562.0					
2	Panama	8 572.0					
3	Marshall Islands	4 254.0					
4	Hong Kong, China	2 513.0					
5	Singapore	3 098.0					
6	China	10 288.0					
7	Malta	1 949.0					
8	The Bahamas	1 251.0					
9	Greece	1 203.0					
10	Japan	5 200.0					
11	International Shipping Register of Madeira	973					
12	Cyprus	1 032.0					
13	Indonesia	13 218.0					
14	Danish International Register of Shipping	553					
15	Republic of Korea	2 157.0					
16	Islamic Republic of Iran			1 021.0	0.9	21 079.8	0.9
17	Isle of Man			257	0.2	19 935.2	0.8
18	Norwegian International Ship Register			687	0.6	18 928.5	0.8
19	Barbados			491	0.4	18 718.5	0.8
20	India			1 928.0	1.7	18 020.6	0.7
21	Saudi Arabia			482	0.4	17 444.7	0.7
22	Russian Federation			3 007.0	2.7	14 785.9	0.6
23	United States			3 519.0	3.1	13 244.1	0.5
24	Viet Nam			1 919.0	1.7	11 665.5	0.5
25	United Kingdom			794	0.7	10 327.1	0.4
26	Malaysia			1 813.0	1.6	9 773.1	0.4
27	Antigua and Barbuda			676	0.6	9 414.1	0.4
28	France			509	0.5	8 890.2	0.4
29	Germany			602	0.5	8 710.7	0.4
30	Palau			565	0.5	7 732.3	0.3
31	Italy			1 212.0	1.1	7 225.9	0.3
32	Nigeria			1 005.0	0.9	7 156.4	0.3
33	Belgium			184	0.2	6 873.7	0.3
34	Türkiye			1 220.0	1.1	6 841.8	0.3
35	Kingdom of the Netherlands			1 200.0	1.1	6 777.4	0.3
Top 35 countries or territories		84 914.0	75.5	2 268 863.2	93.0	27	2.4
World total		112 501.0	100	2 439 830.8	100.0	22	3.4

Capacità di carico della flotta mondiale (2025):

2,44 miliardi di tpl

3.3 rottame (scrap)

materiale ferroso e di acciaio in forma metallica che viene recuperato in molteplici fasi del ciclo di vita, inclusi i processi di produzione dell'acciaio, i processi di fabbricazione dei prodotti finali (3.2) e il fine vita dei prodotti finali, e che viene riciclato come materia prima per la produzione di acciaio

3.4 rottame interno (internal scrap)

rottame (3.3) proveniente da un processo unitario di produzione di acciaio grezzo che viene poi riciclato all'interno dello stesso processo unitario [ad es. forno a ossigeno di base (BOF) o forno elettrico ad arco (EAF)]

3.5 rottame d'officina (home scrap)

rottame (3.3) proveniente da un processo di produzione di acciaio a valle all'interno delle acciaierie (ad es. laminazione, rivestimento) che viene restituito ai processi di fabbricazione dell'acciaio (ad es. BOF o EAF)

3.6 rottame di fabbricazione (manufacturing scrap)

rottame (3.3) proveniente dai processi di fabbricazione di prodotti finali (3.2), come automobili ed edifici

3.7 rottame di fine vita (end of life scrap)

rottame (3.3) derivante dalla fase successiva al fine vita dei prodotti finali (3.2)

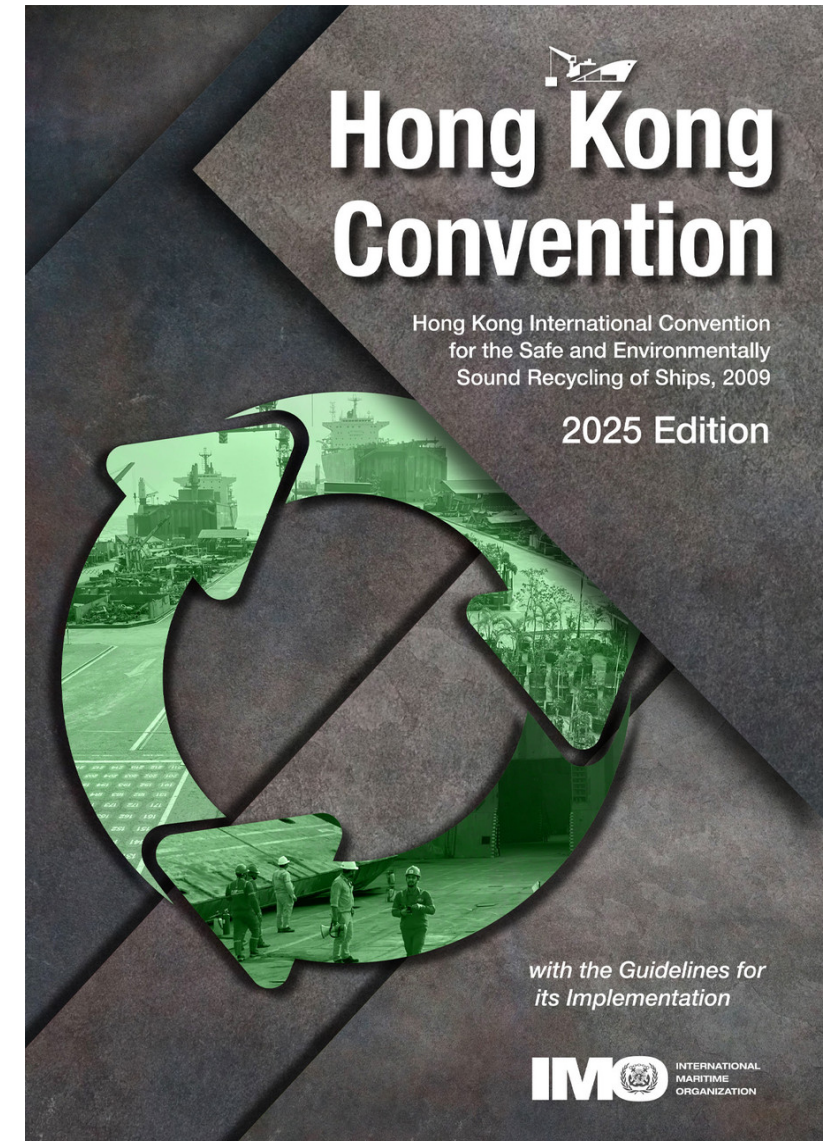
3.8 rottame esterno (external scrap)

rottame (3.3) fornito dall'esterno delle acciaierie, inclusi il rottame di fabbricazione (3.6) e il rottame di fine vita (3.7)

- ISO collegati alla Hong Kong Convention (HKC) per il riciclaggio sicuro e ambientalmente sostenibile delle navi appartengono principalmente alla serie ISO 30000, sviluppata dall'ISO/TC 8 (Ships and Marine Technology)
- Serie ISO 30000 - Ships and marine technology – Ship Recycling Management Systems
- ISO 30000:2009 — Specifications for management systems for safe and environmentally sound ship recycling facilities
- ISO 30001 — Plastics — Epoxy compounds — Determination of epoxy equivalent
- ISO 30002:2012 — Guidelines for selection of ship recyclers (and pro forma contract)
- ISO 30003:2009 — Requirements for bodies providing audit and certification of ship recycling management
- ISO 30004:2012 — Guidelines for the implementation of ISO 30000
- ISO 30005:2024 - Information control for hazardous materials in the manufacturing chain of shipbuilding and ship operations
- ISO 30006:2010 - Diagrams to show the location of hazardous materials onboard ships
- ISO 30007:2010 — Measures to prevent asbestos emission and exposure during ship recycling.
- La HKC, entrata in vigore il 26 giugno 2025, impone due obblighi cardine: (i) l'IHM (Inventory of Hazardous Materials) certificato per le navi ≥ 500 GT e (ii) la DASR (Document of Authorisation for Ship Recycling) per gli impianti. La serie ISO 30000 offre lo strumento gestionale per dimostrare conformità a questi requisiti — in particolare ISO 30000/30003 per la certificazione degli yard, ISO 30005/30006 per la gestione informativa dei materiali pericolosi a supporto dell'IHM, ISO 30007 per il rischio amianto.
- ISO 14001 (sistemi di gestione ambientale) e ISO 45001 (salute e sicurezza sul lavoro), tipicamente integrati con ISO 30000 negli IMS degli SRF;
- ISO 19030 e standard ISO/TC 8 più ampi sull'efficienza/ciclo di vita della nave, rilevanti nella prospettiva cradle-to-cradle che probabilmente ti interessa per il framework 12-Rs nello shipping.

Hong Kong Convention

- Obiettivo: Garantire che il riciclaggio delle navi a fine vita non comporti rischi non necessari per la salute umana, la sicurezza dei lavoratori e l'ambiente.
- Date chiave: Adottata il 15 maggio 2009; entrata in vigore il 26 giugno 2025.
- Obblighi per le navi:
 - Ogni nave deve avere a bordo un Inventario dei Materiali Pericolosi (IHM) che indichi quantità e posizione delle sostanze tossiche (come amianto o metalli pesanti).
 - È vietata o limitata l'installazione dei materiali pericolosi elencati nella Convenzione.
 - Le navi devono essere sottoposte a ispezioni (iniziale, di rinnovo e finale) prima di essere demolite.
- Obblighi per i cantieri:
 - Gli impianti di demolizione devono preparare un Piano di Riciclaggio della Nave (SRP) specifico per ogni singola unità da smantellare.
 - I cantieri devono operare in modo sicuro, dimostrando in particolare di saper controllare il rilascio di inquinanti nelle zone intercotidali.



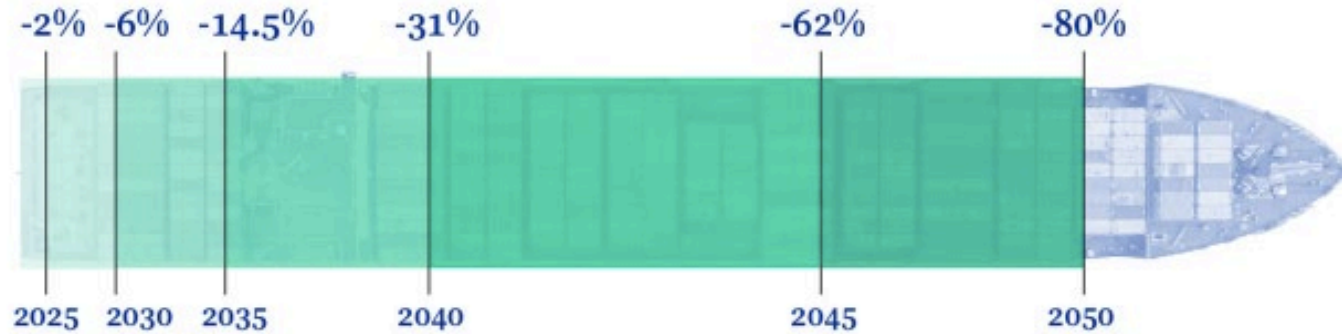
FuelEU Maritime (Regolamento UE 2023/1805)



The FuelEU maritime regulation will oblige vessels above 5000 gross tonnes calling at European ports
(with exceptions such as fishing ships):

→ to **reduce the greenhouse gas intensity** of the energy used on board as follows

Annual average carbon intensity reduction compared to the average in 2020



→ to connect to **onshore power supply** for their electrical power needs while moored at the quayside, unless they use another zero-emission technology

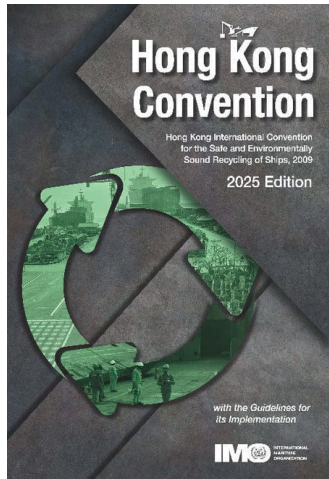


Relevant Regulations

International Regulations



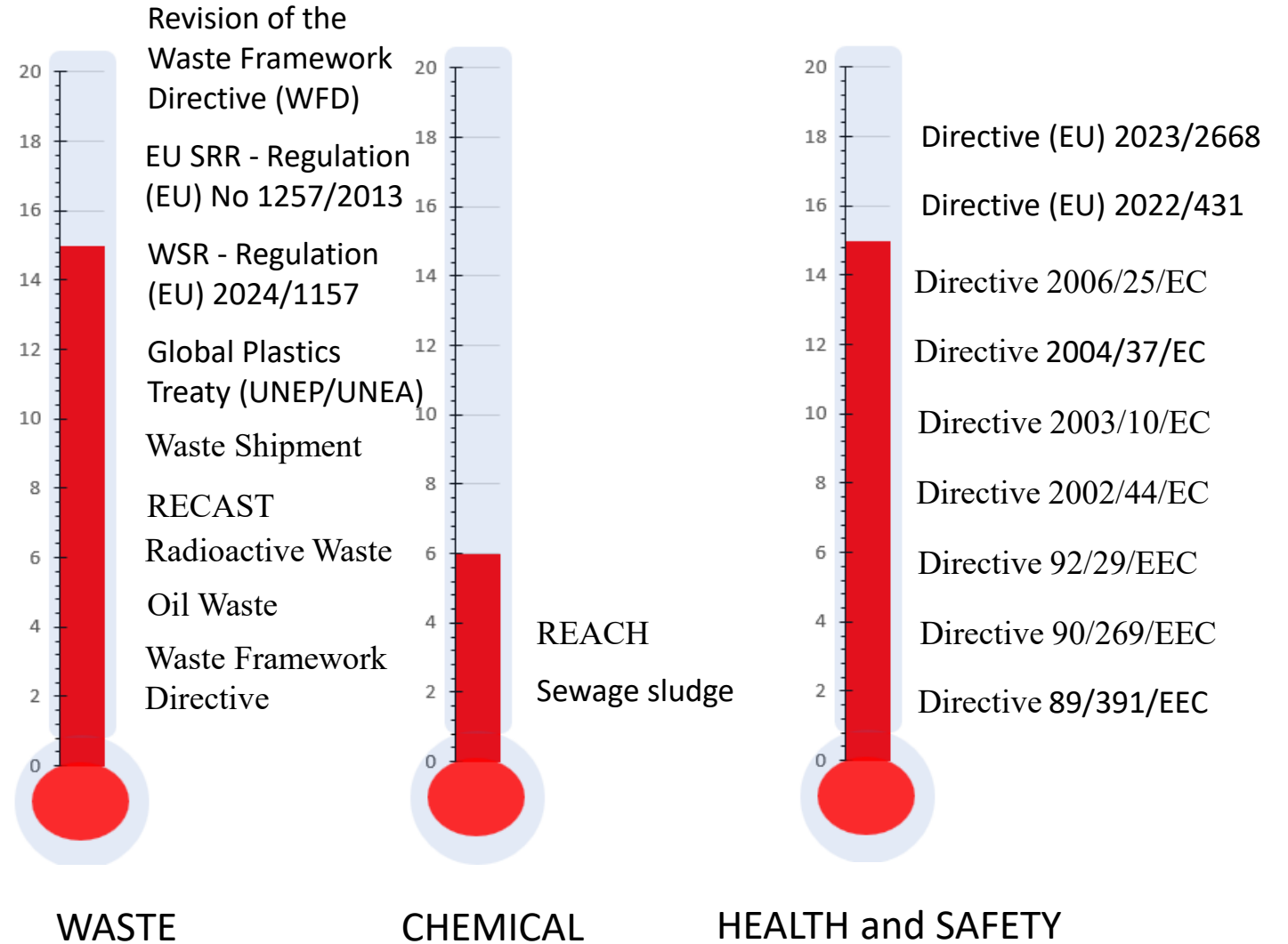
Mediterranean Action Plan
Barcelona Convention



BASEL CONVENTION



European Regulations



ShipMag. SHIPPING MAGAZINE

CANTIERI NAVALI CROCIERE E TRAGHETTI DIFESA ECONOMIA E FINANZA ENERGIA E AMBIENTE NAUTICA E YACHT PORTI E INF

CANTIERI NAVALI SHIPPING E LOGISTICA

Difesa

Crescono vertiginosamente gli ordini di navi a combustibili alternativi

09 Maggio 2026 - Redazione

- **Stato della Flotta (Reale vs Orderbook):**
 - *Flotta operativa attuale:* I combustibili alternativi rappresentano ancora solo **poco più dell'1%** della flotta mondiale.
 - *Portafoglio ordini globale:* La quota sale a quasi il **15% di tutte le nuove costruzioni** in cantiere, diversificata tra portacontainer, petroliere e navi da crociera.
- **Prospettive future:** Gli analisti prevedono un'ulteriore accelerazione della transizione grazie alle recenti e imminenti decisioni normative dell'**IMO**.

Boom Ordini Navi Green (Aprile 2026): Gnl e Gpl al Top, Frena il Metanolo

- **Forte Accelerazione di Mercato:** Ad aprile 2026 firmati **38 nuovi contratti** (rispetto ai soli 5 di marzo). Il totale da inizio anno sale a **84 unità** (escluse le metaniere).
- **I Carburanti Protagonisti ad Aprile:**
 - **GNL & GPL (Leader):** Dominano le scelte degli armatori con rispettivamente **20** e **14** nuovi ordini.
 - **Ammoniaca (Emergente):** Registrati i primi **4 contratti** per portarinfuse.
 - **Metanolo (In stallo): Zero ordini** ad aprile (solo 3 da inizio anno), registrando un forte rallentamento nel settore container.

Tasso di circolarità: Stato dell'arte e Target



**Tasso di circolarità
economia europea (oggi):
12%**

**Target 2030 Clean
Industrial Deal: 24%**

Gap = 12%

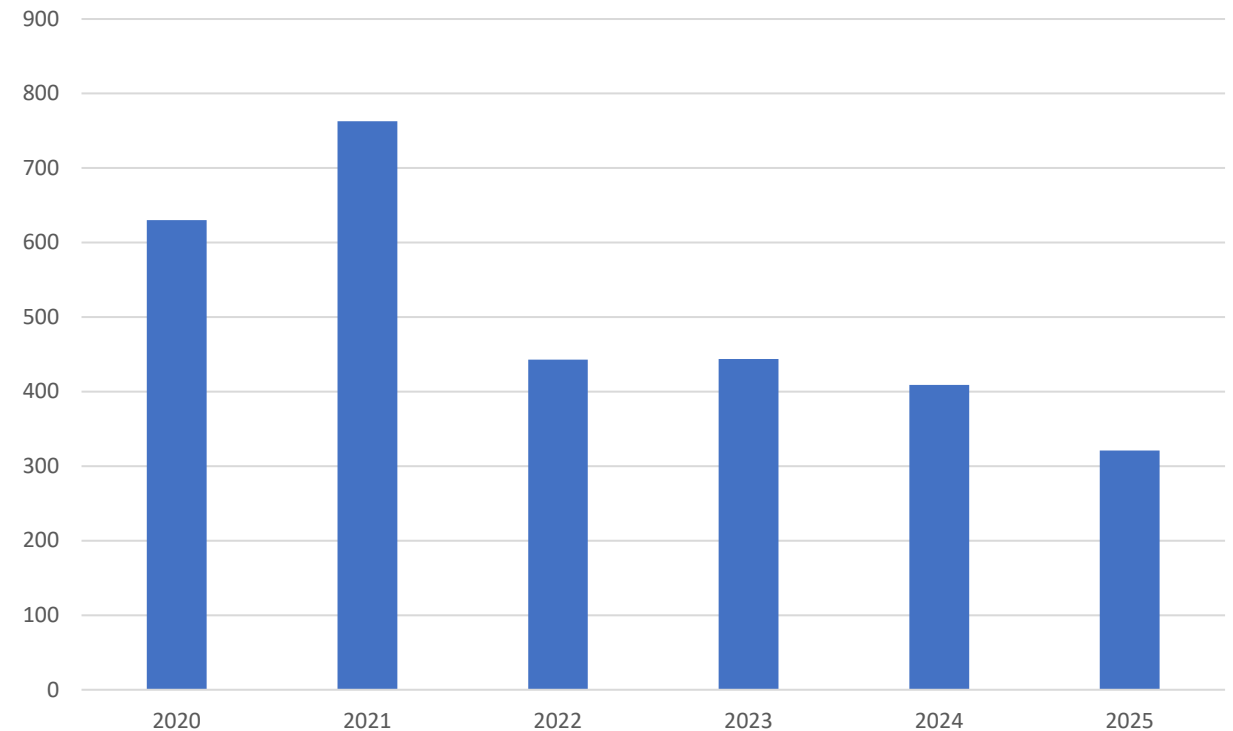
Navi demolite dal 2020

Dal 2022 il trend di navi demolite è decrescente.

-21,5% di navi demolite nel 2025 rispetto al 2024

ANNO	Navi demolite
2020	630
2021	763
2022	443
2023	444
2024	409
2025	321
Totale	3010

Numero di navi demolite per anno



Fonte: Elaborazione dell'autore dei dati di NGO Shipbreaking Platform (2020-2025)

Il mercato globale dei ricambi e delle attrezzature navali ha raggiunto un valore di 19,6 miliardi di dollari nel 2025.

Si prevede che raggiungerà i 31,8 miliardi di dollari entro il 2034, con un tasso di crescita annuo composto (CAGR) del 5,5% dal 2026 al 2034.

Il segmento dei componenti per motori ha dominato il mercato con una quota di fatturato del 38,2% nel 2025.

L'area Asia-Pacifico ha dominato il panorama regionale con una quota di fatturato del 41,3% nel 2025.

Asia-Pacifico 41% della quota di fatturato globale.

Fattori di spinta: Espansione della flotta globale, la continua necessità di manutenzione e le normative ambientali IMO (Organizzazione Marittima Internazionale)

Si stima che il mercato globale della riparazione e manutenzione navale ha un valore di 43,8 miliardi di dollari

Le criptovalute green sono asset digitali progettati per ridurre o azzerare l'impatto ambientale legato alla creazione e transazione della valuta. A differenza del Bitcoin tradizionale, che richiede un'elevata potenza di calcolo (Proof-of-Work), queste monete utilizzano tecnologie a basso consumo energetico (come la Proof-of-Stake o il Proof-of-Space).

Esempio: Cardano (ADA) · Stellar (XLM) · Polkadot (DOT) · SolarCoin (SRL) BitGreen (BITG)

Standard ISO sulle cripto-attività e tecnologie sottostanti

ISO/TC 307 — Blockchain and Distributed Ledger Technologies

È il comitato tecnico ISO dedicato. Si occupa della standardizzazione delle tecnologie blockchain e a registro distribuito.

•**ISO 22739:2024** — *Blockchain and distributed ledger technologies — Vocabulary*.

Definizioni terminologiche di riferimento (cripto-attività, smart contract, hash, consensus, ecc.).

•**ISO/TR 23244:2020** — Privacy e protezione delle informazioni personali nelle DLT.

•**ISO/TR 23455:2019** — Smart contract: panoramica e interazioni nei sistemi DLT.

•**ISO/TR 23576:2020** — Considerazioni di sicurezza per i cripto-asset custodian.

•**ISO/TS 23258:2021** — Tassonomia e ontologia delle DLT.

•**ISO/TS 23635:2022** — Linee guida per la governance.

•**ISO/TR 6039:2023** — Identità decentralizzata basata su DLT (SSI).

•**ISO/TR 3242:2022** — Use cases.

•**ISO 24165** (più parti) — *Digital Token Identifier (DTI)*: identificativo univoco standardizzato per token e cripto-attività. Rilevante per la tokenizzazione e l'interoperabilità con i sistemi finanziari tradizionali.

Ecodesign requirements

