

Scenari



Report per i decisori

ISSN 2785-3217

N° 3/2023

Gennaio



LA DECARBONIZZAZIONE DEL TRASPORTO MARITTIMO

Scenari

Report per i decisori

ISSN 2785-3217

N° 3/2023

Gennaio

La decarbonizzazione del trasporto marittimo

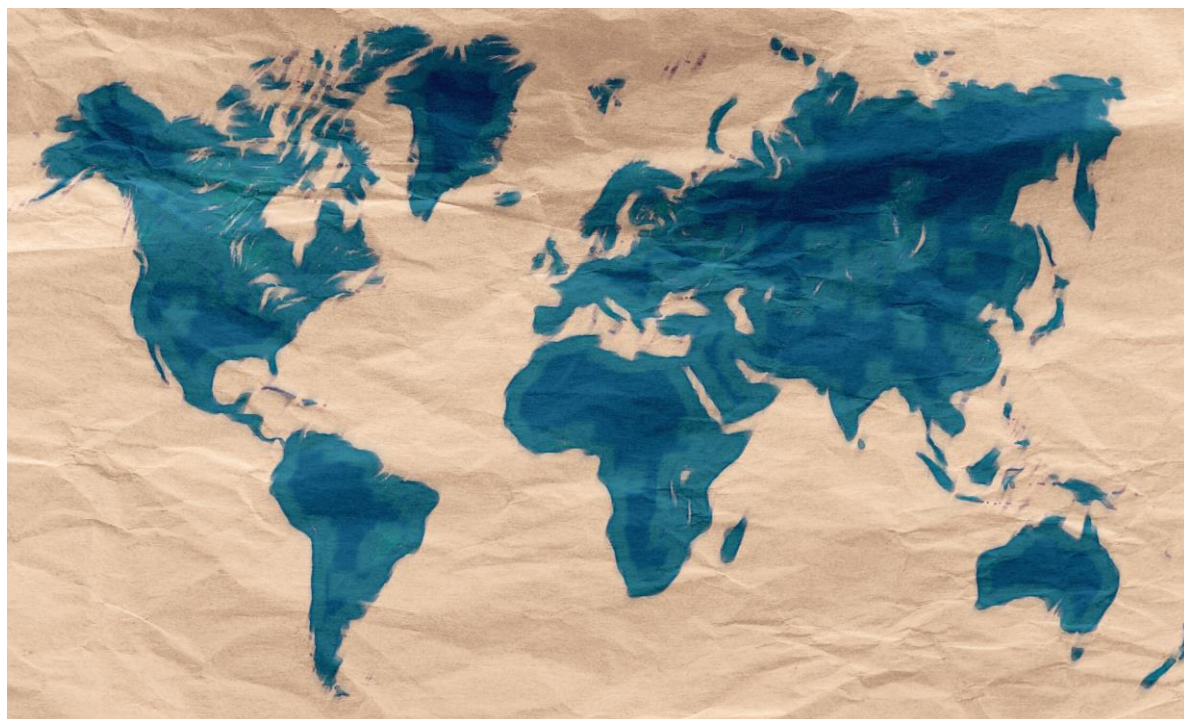
AMIStaDeS

AMIStaDeS - Fai Amicizia con il Sapere, è un centro studi indipendente fondato nel 2017 a Roma e impegnato nella diffusione della cultura internazionale.

Il centro si occupa di ricerca, divulgazione e formazione sulle tematiche internazionali, con un particolare focus sulla geopolitica e il diritto internazionale.

Eroga corsi di formazione per istituti scolastici, studenti, professionisti e aziende; realizza analisi geopolitiche e report; organizza eventi e conferenze istituzionali e incontri informali di avvicinamento alle materie trattate.

Al momento di questa pubblicazione, fanno parte di AMIStaDeS oltre 50 giovani professionisti tra board direttivo e analisti. Tutti animati dalla stessa sete di conoscenza e condivisione



Scenari

Scenari è una linea di reportistica rivolta a decisori di diversa natura, quali aziende, istituzioni, ONG e altri enti che operano a livello nazionale e internazionale. L'analisi del presente, unita alla consapevolezza e alla conoscenza del passato e dell'evoluzione di società, relazioni e fenomeni, consente di individuare le ipotesi di contesto più probabili. Scenari è una bussola per orientare i decisori nelle azioni che decideranno di intraprendere. Scenari fornisce prospettive e visioni utilizzando le molteplici sfumature mutate da diversi settori come le scienze sociali, il diritto e la geopolitica. Scenari è uno spettro di possibilità tra cui i decisori potranno scegliere.



INDICE

SCENARI	2
AMISTADES	1
SCENARI	2
INDICE	3
LA DECARBONIZZAZIONE DEL TRASPORTO MARITTIMO	4
LA DECARBONIZZAZIONE DEL TRASPORTO MARITTIMO	5
ABSTRACT	5
APPROCCIO METODOLOGICO	5
ANALISI DI CONTESTO	6
1. LA DECARBONIZZAZIONE DELLA SUPPLY CHAIN	9
2. TECNOLOGIE PER LA DECARBONIZZAZIONE	16
2.1 LA PROPULSIONE AD IDROGENO	17
2.2 I BIOCARBURANTI	20
3. I CORRIDOI VERDI PER IL TRASPORTO MARITTIMO	22
ELABORAZIONE DEI DATI	24
CLASSIFICAZIONE DELLE FONTI	25
FONTI	26
HANNO COLLABORATO A QUESTO NUMERO	28
SCENARI	29

La decarbonizzazione del trasporto marittimo



La decarbonizzazione del trasporto marittimo

di Paolo Andrea Gemelli e Giovanni Ingrosso

Abstract

Le emissioni di gas serra da parte dell'industria marittima costituiscono quasi il 3% delle emissioni globali; con circa il 90% del commercio globale effettuato su navi questa modalità di trasporto è tuttavia fondamentale per la movimentazione delle merci.

Per rispettare i termini stabiliti dal Rapporto sulla strategia di transizione UMAS, il settore dovrebbe ridurre le proprie emissioni del 45% entro il 2030 e raggiungere il net zero entro il 2045.

Il raggiungimento della decarbonizzazione nel settore marittimo è strettamente connesso ad una transizione agevole verso combustibili alternativi a basse e zero emissioni di gas serra. Al momento esistono in tutto il mondo diverse iniziative e progetti i cui promotori stanno già ordinando, costruendo e adattando navi che utilizzano carburanti a basse/zero emissioni.

Il processo di decarbonizzazione passa attraverso molteplici aspetti: la gestione delle flotte, quella dei combustibili ed il corretto funzionamento dell'economia del trasporto marittimo sostenibile il tutto integrato in un approccio sistematico in grado di innescare un circolo virtuoso in cui i risultati positivi si rafforzino a vicenda.

Un modo per accelerare la decarbonizzazione potrebbe essere rappresentato dall'implementazione di "corridoi verdi": rotte commerciali specifiche tra i principali hub portuali nei quali siano supportate soluzioni a emissioni zero.

Approccio metodologico

L'analisi del processo di decarbonizzazione del trasporto navale implica l'osservazione dei driver e dei fattori limitanti il processo.

Il driver principale è rappresentato dall'esigenza di limitare al massimo l'impatto futuro degli effetti del cambiamento climatico sintetizzati dal Sesto Report di Assessment (AR6) dell'IPCC.

Sebbene la riduzione dell'impatto del cambiamento climatico rappresenti l'esigenza primaria da soddisfare, per raggiungere l'obiettivo è necessario passare attraverso tecnologie e policies in grado di consentire l'attuazione efficace delle azioni necessarie.

Sul lato tecnologico lo sviluppo dei carburanti a basse emissioni rappresenta l'elemento di maggior peso e, conseguentemente, la probabilità di raggiungimento degli obiettivi nei tempi previsti è strettamente connessa con lo sviluppo delle tecnologie necessarie (ad esempio produzione di biocarburanti di seconda generazione o generazione di idrogeno tramite sistemi a basse o limitate emissioni).

L'analisi delle catene del valore evidenzia tuttavia una serie di elementi altrettanto critici relativamente ai quali, ancora una volta, l'efficacia delle azioni intraprese condizionerà fortemente il raggiungimento del net-zero.

Analisi di contesto

Alcuni fatti sullo stato del clima sulla base del Sesto Report di Assessment (AR6) dell'IPCC¹

- **È inequivocabile che l'influenza umana abbia riscaldato l'atmosfera, l'oceano e la terraferma.**

Si sono verificati cambiamenti diffusi e rapidi nell'atmosfera, nell'oceano, nella criosfera e nella biosfera.

- **Gli aumenti osservati nelle concentrazioni di gas serra ben miscelati (GHG) dal 1750 circa sono inequivocabilmente causati dalle attività umane.**

Dal 2011 (misurazioni riportate in AR5), le concentrazioni hanno continuato ad aumentare nell'atmosfera, raggiungendo medie annuali di 410 parti per milione (ppm) per l'anidride carbonica (CO₂), 1866 parti per miliardo (ppb) per il metano (CH₄) e 332 ppb per il protossido di azoto (N₂O) nel 2019.6 Terra e oceano hanno assorbito una percentuale quasi costante (a livello globale circa il 56% all'anno) delle emissioni di CO₂ dovute alle attività umane negli ultimi sei decenni, con differenze regionali (alto livello di confidenza).

- **Ciascuno degli ultimi quattro decenni è stato successivamente più caldo di qualsiasi decennio che lo ha preceduto dal 1850.**

La temperatura superficiale globale nei primi due decenni del 21° secolo (2001-2020) è stata di 0,99 [da 0,84 a 1,10] °C superiore a quella del periodo 1850-1900.9 La temperatura superficiale globale è stata di 1,09 [da 0,95 a 1,20] °C più alta nel 2011-2020 rispetto al 1850-1900, con aumenti maggiori sulla terraferma (1,59 [da 1,34 a 1,83] °C) rispetto all'oceano (0,88 [da 0,68 a 1,01] °C).

- **Il probabile intervallo di aumento totale della temperatura superficiale globale causato dall'uomo dal 1850-1900 al 2010-2019 sia compreso tra 0,8°C e 1,3°C, con una stima migliore di 1,07°C. È probabile che i GHG abbiano contribuito a un riscaldamento compreso tra 1,0°C e 2,0°C.**
- **Le precipitazioni medie globali sulla terraferma sono probabilmente aumentate dal 1950, con un tasso di aumento più rapido dagli anni '80.**
- **L'influenza umana è molto probabilmente il principale motore del ritiro globale dei ghiacciai dagli**

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

anni '90 e della diminuzione dell'area del ghiaccio marino artico tra il 1979-1988 e il 2010-2019 (diminuzioni di circa il 40% a settembre e di circa il 10% a marzo).

Non c'è stata alcuna tendenza significativa nell'area del ghiaccio marino antartico dal 1979 al 2020 a causa delle tendenze opposte a livello regionale e della grande variabilità interna. L'influenza umana ha molto probabilmente contribuito alla diminuzione della copertura nevosa primaverile dell'emisfero settentrionale dal 1950. È molto probabile che l'influenza umana abbia contribuito allo scioglimento superficiale osservato della calotta glaciale della Groenlandia negli ultimi due decenni, ma ci sono solo prove limitate, con accordo medio, dell'influenza umana sulla perdita di massa della calotta glaciale antartica.

- **È praticamente certo che l'oceano superiore globale (0-700 m) si sia riscaldato dagli anni '70 ed è estremamente probabile che l'influenza umana sia il principale motore. È praticamente certo che le emissioni di CO₂ causate dall'uomo siano il principale motore dell'attuale acidificazione globale della superficie dell'oceano aperto.**

C'è un'elevata confidenza che i livelli di ossigeno siano diminuiti in molte regioni

oceaniche superiori dalla metà del 20° secolo e una confidenza media che l'influenza umana abbia contribuito a questo calo.

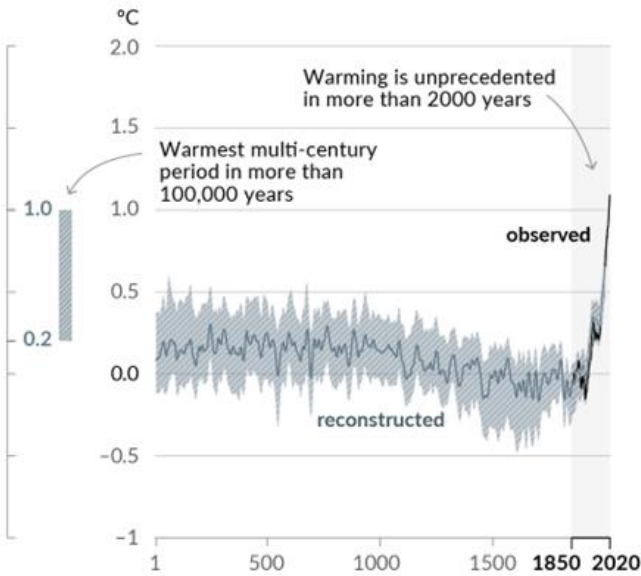
- **Il livello medio globale del mare è aumentato di 0,20 [da 0,15 a 0,25] m tra il 1901 e il 2018.**

Il tasso medio di innalzamento del livello del mare è stato di 1,3 [da 0,6 a 2,1] mm all'anno tra il 1901 e il 1971, aumentando a 1,9 [da 0,8 a 2,9] mm/anno tra il 1971 e il 2006 e un ulteriore aumento a 3,7 [da 3,2 a 4,2] mm/anno tra il 2006 e il 2018. L'influenza umana è stata molto probabilmente il principale motore di questi aumenti almeno dal 1971.

- **I cambiamenti nella biosfera terrestre dal 1970 sono coerenti con il riscaldamento globale: le zone climatiche si sono spostate verso i poli in entrambi gli emisferi.**

Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1–2000) and observed (1850–2020)



(b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850–2020)

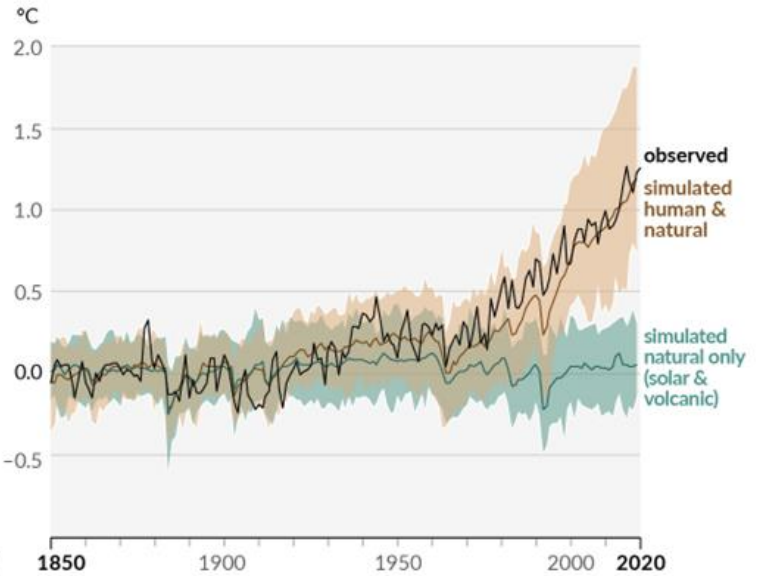


Fig.1 - Figure SPM.1 in IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi: 10.1017/9781009157896.001 .]



Fig.2: Rischi globali nel breve e lungo termine ordinati per severità; fonte: “Global Risks Report 2023”, World Economic Forum.



1. La decarbonizzazione della supply chain

- Le aziende sono state sottoposte a crescenti pressioni da parte di governi, azionisti e consumatori per ridurre l'impatto ambientale della logistica e delle catene di approvvigionamento.
- Oltre l'80% delle emissioni di gas serra di molte aziende ha origine nella catena di approvvigionamento a monte.
- L'Organizzazione marittima internazionale afferma di voler ridurre del 50% le emissioni di gas serra delle spedizioni tra il 2008 e il 2050. Si aspetta che due terzi di questa riduzione provengano da un passaggio a combustibili a basse emissioni di carbonio come e-metanolo, ammoniaca verde e bio -GNL; l'uso di biocarburanti ed e-carburanti sarà anche il mezzo

principale per decarbonizzare le operazioni di trasporto aereo di merci.

I dati dell'*International Transport Forum* indicano che il trasporto merci rappresenta il 10% di tutte le emissioni di CO₂ legate all'energia e sarà particolarmente difficile da decarbonizzare a causa della forte dipendenza dai combustibili fossili.

Secondo l'ITF, la piena attuazione delle politiche attuali comporterebbe effettivamente un aumento delle emissioni legate al trasporto merci del 22% entro il 2050, mentre iniziative politiche più decisive e un maggiore sfruttamento della tecnologia potrebbero significare una riduzione del 72%. Il movimento delle merci su strada rappresenta i due terzi delle emissioni di CO₂ del trasporto merci a livello globale (oggetto dell'iniziativa Road Freight Zero del World Economic Forum) e sarà decarbonizzato principalmente attraverso il repowering con elettricità a basse emissioni di carbonio.

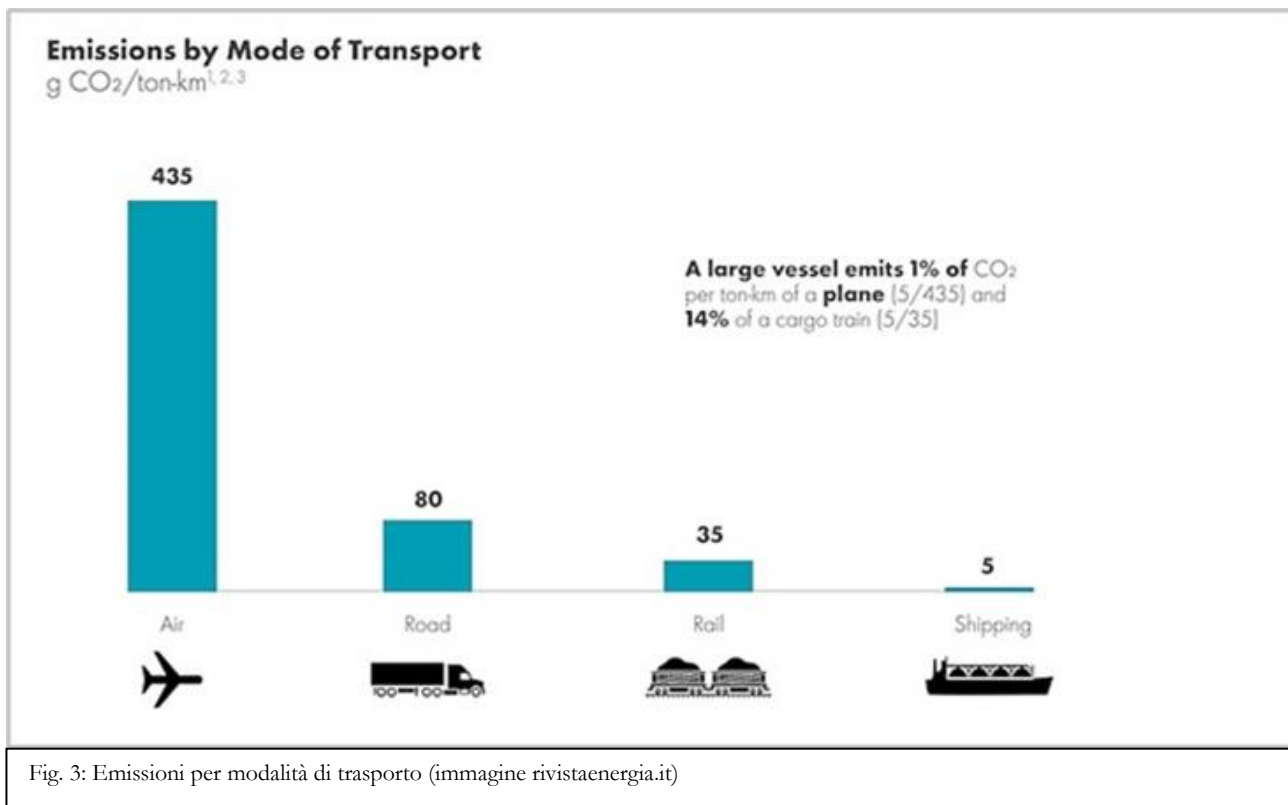


Fig. 3: Emissioni per modalità di trasporto (immagine rivistaenergia.it)

Tuttavia, la lunga vita operativa di navi, aerei, camion e locomotive e la necessità di trasformare i sistemi di approvvigionamento energetico delle merci rallenterà questo processo di decarbonizzazione. Sarà invece più veloce per le operazioni di deposito, porto e terminal, grazie all'espansione della micro-generazione in loco di elettricità a zero emissioni di anidride carbonica. Nell'attesa delle nuove tecnologie e di energia con basse emissioni di carbonio, per aiutare il raggiungimento degli obiettivi *net-zero*, le aziende possono concentrare gli sforzi su cambiamenti gestionali ed operativi, anch'essi in grado di portare a riduzioni sostanziali delle emissioni, con costi relativamente bassi.

Tali cambiamenti includono l'intermodalità, il miglioramento del carico dei veicoli, l'aumento dell'efficienza energetica e l'applicazione dei principi dell'economia circolare per la riduzione

dei rifiuti e la massimizzazione del riciclaggio lungo la catena di approvvigionamento.

Per quanto riguarda il trasporto marittimo, secondo il *Fourth GHG Study*, pubblicato dall'Organizzazione marittima internazionale (IMO) nel 2020, le emissioni di gas serra associate al trasporto marittimo internazionale hanno raggiunto 1056 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente nel 2018, che rappresentano circa il 2,89% dei gas serra annuali.

Il trasporto marittimo è fondamentale per il movimento delle merci, con circa il 90% del commercio globale effettuato su navi e le parti interessate sia pubbliche che private stanno lavorando allo sviluppo di soluzioni orientate ad una maggiore sostenibilità.

Le navi portarinfuse risultano quelle con maggiori emissioni in termini di milioni di tonnellate di CO₂ emesse in atmosfera; sono

seguite dalle petroliere, dalle portacontainer e dalle altre tipologie di mezzi navali.

La decarbonizzazione è attualmente considerata una priorità assoluta per le organizzazioni marittime che hanno sviluppato diverse azioni per ridurre l'impatto del settore sul clima. La decarbonizzazione dei combustibili marini è fondamentale per raggiungere l'obiettivo di riduzione dei gas serra fissato dall'IMO, per il quale ha adottato misure obbligatorie ai sensi del trattato di prevenzione dell'inquinamento dell'IMO (MARPOL), l'*Energy Efficiency Design Index* (EEDI) obbligatorio per le nuove navi, e il piano di gestione dell'efficienza energetica della nave (SEEMP), che mira a promuovere l'uso di

motori più efficienti dal punto di vista energetico.



Fig. 4: Connessioni con il tema della decarbonizzazione

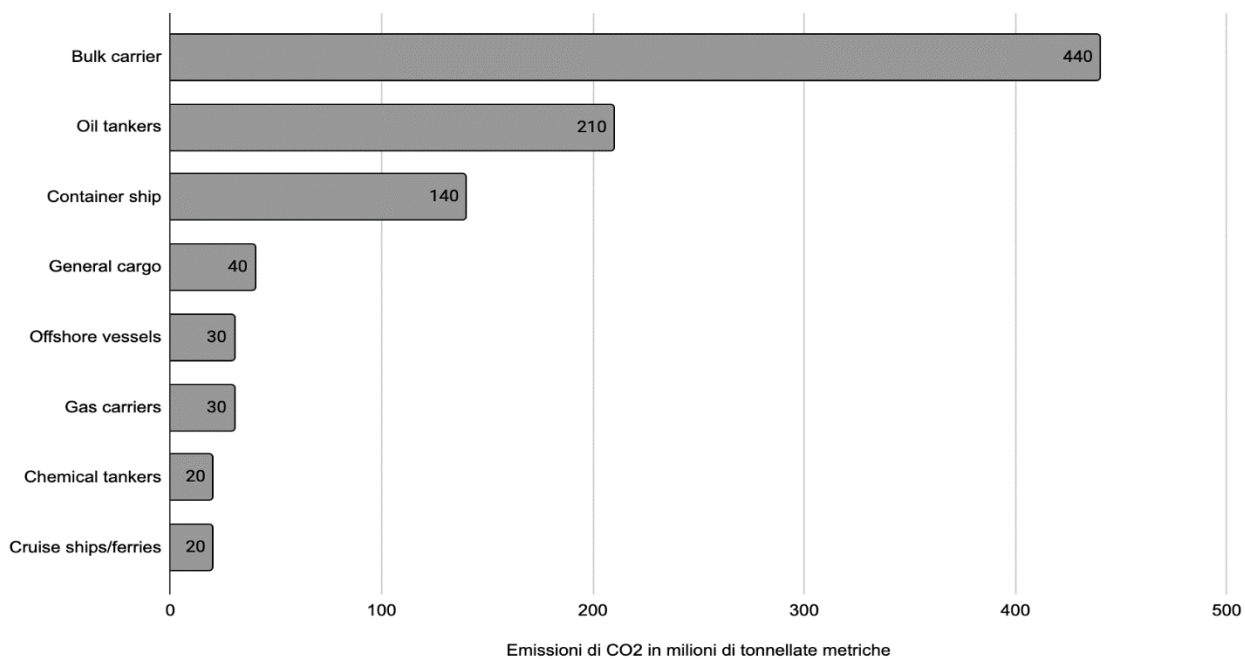


Fig. 5: Emissioni di CO2 per tipologia di nave

D'altra parte, la Commissione europea ha sviluppato nel 2015 il regolamento MRV sul "monitoraggio, comunicazione e verifica delle emissioni di CO2 del trasporto marittimo", il cui obiettivo è ridurre l'impronta di carbonio (CF) del trasporto marittimo. Tutti questi parametri di riferimento sono focalizzati sull'inquinamento dei sistemi di propulsione convenzionali, che utilizzano benzina o diesel come carburante, e le relative apparecchiature.

Tuttavia, sono attualmente in fase di sviluppo una serie di misure per implementare promettenti alternative ai carburanti convenzionali che promuovono la transizione verso il trasporto ad emissioni zero.

In questo senso, la *Hydrogen Strategy for a climate-neutral Europe* della Commissione Europea stabilisce una serie di strategie basate su regolamentazione, investimenti, ricerca e innovazione per promuovere la

decarbonizzazione nell'industria, nei trasporti e nella generazione di energia in Europa, utilizzando H2 come energia vettore.

L'Organizzazione marittima internazionale (IMO) ha sfidato l'industria marittima a ridurre le emissioni annuali di gas a effetto serra (GHG) di almeno la metà entro il 2050, rispetto al 2008. Le emissioni di gas a effetto serra aumenteranno probabilmente dal 90% al 130% entro il 2050.

Sono emersi diversi fattori abilitanti alla decarbonizzazione. Questi includono tecnologie energetiche (come combustibili alternativi e migliori efficienze energetiche a bordo delle navi), misure normative e finanziarie (come il prezzo del carbonio) e soluzioni integrative (come arrivi *just-in-time*). In questo contesto è emersa la necessità di allineare gli sforzi su tre catene di valore chiave: la catena del carburante, la filiera cantieristica, e la filiera operativa.

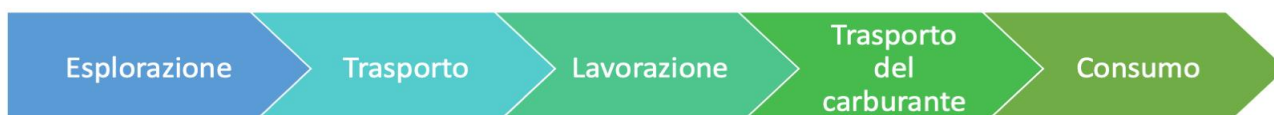


Fig.6: Filiera del carburante: dall'esplorazione al consumo

La catena del carburante

La catena del valore del carburante marino comprende le fasi di: esplorazione, trasporto, lavorazione, trasporto del carburante ai punti di rifornimento ed infine consumo da parte dell'operatore della nave. Si tratta di componenti interdipendenti che devono essere funzionali contemporaneamente per evitare colli di bottiglia e carenze di attrezzature o combustibili.

La catena del valore del carburante marino comprende le fasi di: esplorazione, trasporto, lavorazione, trasporto del carburante ai punti di rifornimento ed infine consumo da parte dell'operatore della nave. Si tratta di componenti interdipendenti che devono essere funzionali contemporaneamente per evitare colli di bottiglia e carenze di attrezzature o combustibili.

Attualmente gli operatori marittimi non dispongono di opzioni per carburanti alternativi a prezzi competitivi sufficienti per impegnarsi in accordi di noleggio che includano un premio per i motori a doppia alimentazione di nuova generazione.

Alcuni costruttori navali e produttori di motori hanno risposto, costruendo navi con tali motori (che possono funzionare a metanolo e olio combustibile, oppure a GNL e olio combustibile). Attualmente però, a causa della mancanza di carburanti alternativi ed equivalenti a basse emissioni di carbonio/zero emissioni, le

navi dotate di motori a doppia alimentazione funzionano principalmente con olio combustibile convenzionale.

È in fase di sviluppo un'ampia gamma di carburanti a basse emissioni di carbonio/zero emissioni, come GNL verde, metanolo verde, ammoniaca verde e idrogeno verde, con diverse tempistiche di disponibilità sul mercato.

La filiera cantieristica

Le fasi chiave nella costruzione navale sono la progettazione della nave, l'approvvigionamento di materiali da costruzione, l'assemblaggio della nave, la manutenzione post-produzione, il refitting e il riciclaggio a fine vita. Tutte quante devono affrontare la decarbonizzazione.

Le navi dovrebbero essere progettate per emissioni di gas serra minime. Queste possono essere limitate in diversi modi, inclusi, ad esempio, il design idrodinamico ottimizzato dello scafo, il supporto dell'energia eolica durante la navigazione, lo sviluppo di motori ad alta efficienza *dual-fuel* e *multi-fuel*, sistemi digitali per l'ottimizzazione della navigazione. L'acciaio dovrebbe provenire da fornitori che utilizzano metodi di produzione a basse emissioni di carbonio ed i principi di circolarità dovrebbero essere applicati alla progettazione ed alla costruzione per massimizzare il riutilizzo quando una nave



Fig.7: Filiera della cantieristica

ha raggiunto la fine della sua vita operativa.

Il tipo di navi che verranno ordinate, costruite e adattate dipende da quali carburanti e motori saranno disponibili per soddisfare gli obiettivi degli armatori, degli operatori navali e delle normative.

La filiera operativa

La catena operativa marittima corrisponde, sostanzialmente, allo spostamento tra porti. Le fasi di maggior rilievo sono: il rifornimento/approvvigionamento, il carico/imbarco, il viaggio, lo sbarco ed il

rifornimento.

Gli operatori navali hanno molteplici leve per ridurre le emissioni di CO2, tra cui: sfruttare le dimensioni e la velocità delle navi e delle flotte, richiedere progetti idrodinamici e motori a doppia alimentazione o navi (parzialmente) alimentate da biodiesel ed elettricità. I porti devono sostenere, e avere la possibilità di accelerare la decarbonizzazione nel trasporto marittimo attraverso infrastrutture per lo stoccaggio ed il bunkeraggio di carburanti alternativi e forniture di energia elettrica a terra.

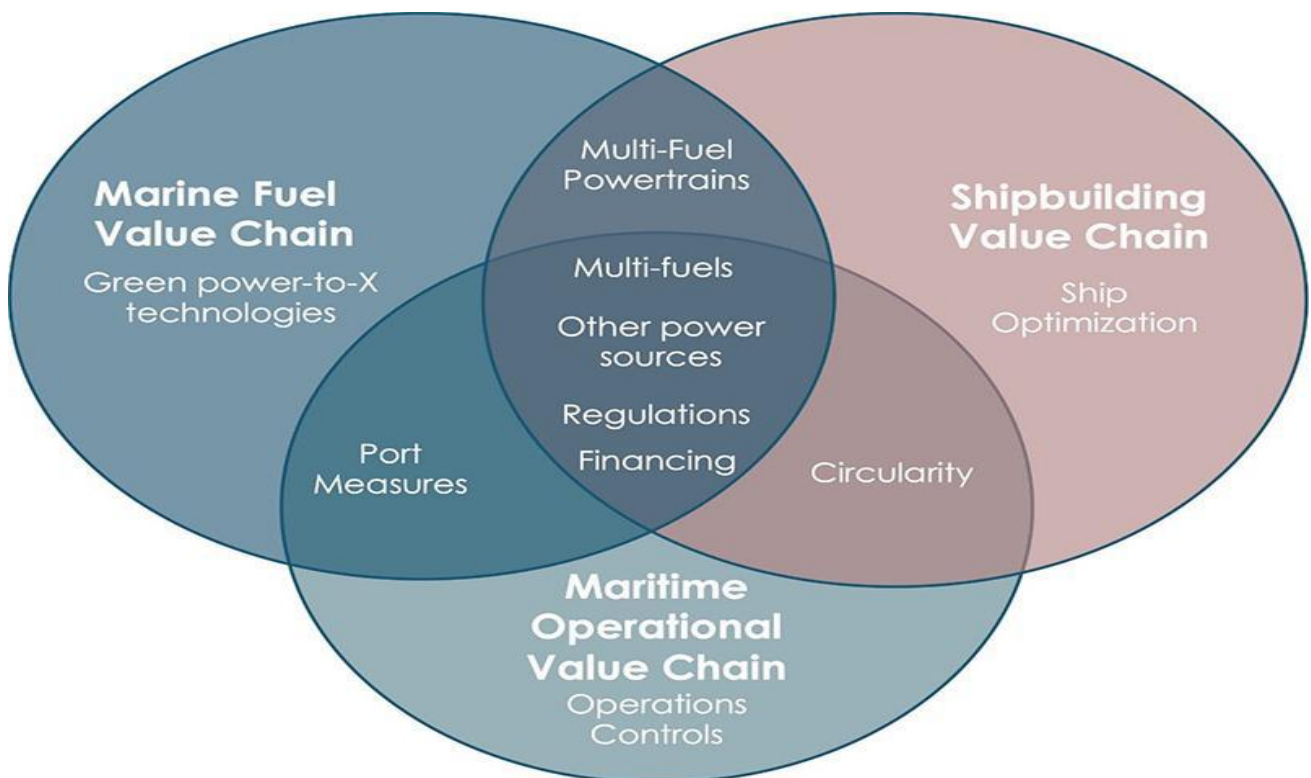


Fig.8: Catene del valore all'interno del comparto marittimo. Fonte: "Decarbonizing the Maritime Sector: Mobilizing Coordinated Action in the Industry Using an Ecosystems Approach | UNCTAD." 2022. June 8, 2022. <https://unctad.org/news/decarbonizing-maritime-sector-mobilizing-coordinated-action-industry-using-ecosystems-approach>.

Diesel	Il sistema di propulsione diesel 2 tempi è il sistema di propulsione marino più comunemente utilizzato: converte l'energia chimica in energia meccanica. I sistemi di propulsione diesel sono utilizzati con grande frequenza da mezzi navali di diverse dimensioni.
Diesel-elettrica	I sistemi di propulsione navale di tipo diesel-elettrico utilizzano una combinazione di un generatore azionato dall'elettricità collegato a un motore diesel. La tecnologia è in uso fin dai primi anni del 1900 ed è attualmente impiegata da sottomarini e navi mercantili.
Turbine a vapore	La propulsione a turbina a vapore prevede l'uso di carbone o altri combustibili per la generazione di vapore. Questo sistema è stato molto utilizzato tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo.
Turbine a gas	La turbina a gas è un motore a combustione interna utilizzato per trasformare mediante turbomacchine l'energia chimica del combustibile. L'energia estratta viene resa disponibile sotto forma di potenza all'albero, aria compressa, spinta o una loro combinazione ed è utilizzata per muovere aerei, treni, navi, generatori o anche carri armati.
Nucleare	La propulsione nucleare è utilizzata prevalentemente da navi militari. I reattori nucleari nelle navi vengono utilizzati anche per generare elettricità per la nave. Si prevede inoltre di costruire diverse navi mercantili con questo sistema di propulsione
Eolico	La propulsione eolica è una possibile alternativa ad emissioni zero nell'ambito della propulsione navale. Tuttavia, l'utilizzo delle turbine eoliche non si è particolarmente sviluppato nelle grandi navi commerciali a causa di un requisito di ventosità costante. Due sistemi di propulsione eolica per navi che sono invece di maggiore interesse sono rappresentati dalla propulsione ad aquilone e quella a vela per navi mercantili.
Celle a combustibile	I sistemi di propulsione a celle a combustibile utilizzano l'idrogeno come componente principale del carburante. L'elettricità viene creata nella cella a combustibile senza alcuna combustione. Il processo è pulito ed è quindi stato considerato un sistema di propulsione marino alternativo di grande interesse.
Biodiesel	La propulsione a biodiesel è stata considerata un potenziale sistema di propulsione per i mezzi navali (vedi paragrafo 2.1.b)
Solare	La propulsione solare per le navi è stata utilizzata per la prima volta nel 2008. I vantaggi includono un'elevata riduzione delle emissioni di anidride carbonica. Questo tipo di propulsione è in grado di generare una capacità fino a 40 kilowatt (kW).
Idrogetto	La propulsione ad idrogetto è utilizzata dal 1954. Il vantaggio più rilevante è che non provoca inquinamento acustico ed offre un'elevata velocità alle navi. L'aspetto più critico è connesso ai costi per la manutenzione.
Combustibile a gas o <i>Tri fuel</i>	Il carburante GNL (Gas Naturale Liquido) viene utilizzato per essere bruciato nel motore principale dopo aver adottato alcune modifiche nel motore di propulsione per ridurre le emissioni dalla nave. È noto come tricombustibile perché può bruciare gas, diesel e carburante pesante.

2. Tecnologie per la decarbonizzazione

Ammoniaca:

- Un potenziale vettore energetico alternativo per i trasporti navali è l'ammoniaca (NH₃).
- E' ottenuta da processi chimici che combinano azoto di origine atmosferica e idrogeno prodotto dal gas naturale (72%) o da carbone (22%, specie in Cina), i con emissioni significative di gas serra ed a prezzi in significativa crescita.
- Il processo produttivo potrebbe partire da idrogeno decarbonizzato, azoto atmosferico ed elettricità decarbonizzata ed essere usata anche come combustibile.

Idrogeno

- La dimensione del mercato dell'idrogeno è prevista in aumento da 160 miliardi di dollari nel 2022 a 263,5 nel 2027 con un Cagr del 10,5% nel periodo considerato.
- A oggi, anche l'idrogeno è quasi interamente prodotto da combustibili fossili e solo il 4% proviene da fonti rinnovabili.
- La maggiore opportunità per il mercato dell'idrogeno è rappresentata dall'obiettivo internazionale del *net-zero*; il limite più significativo è invece costituito dalla perdita di energia nella catena produttiva.

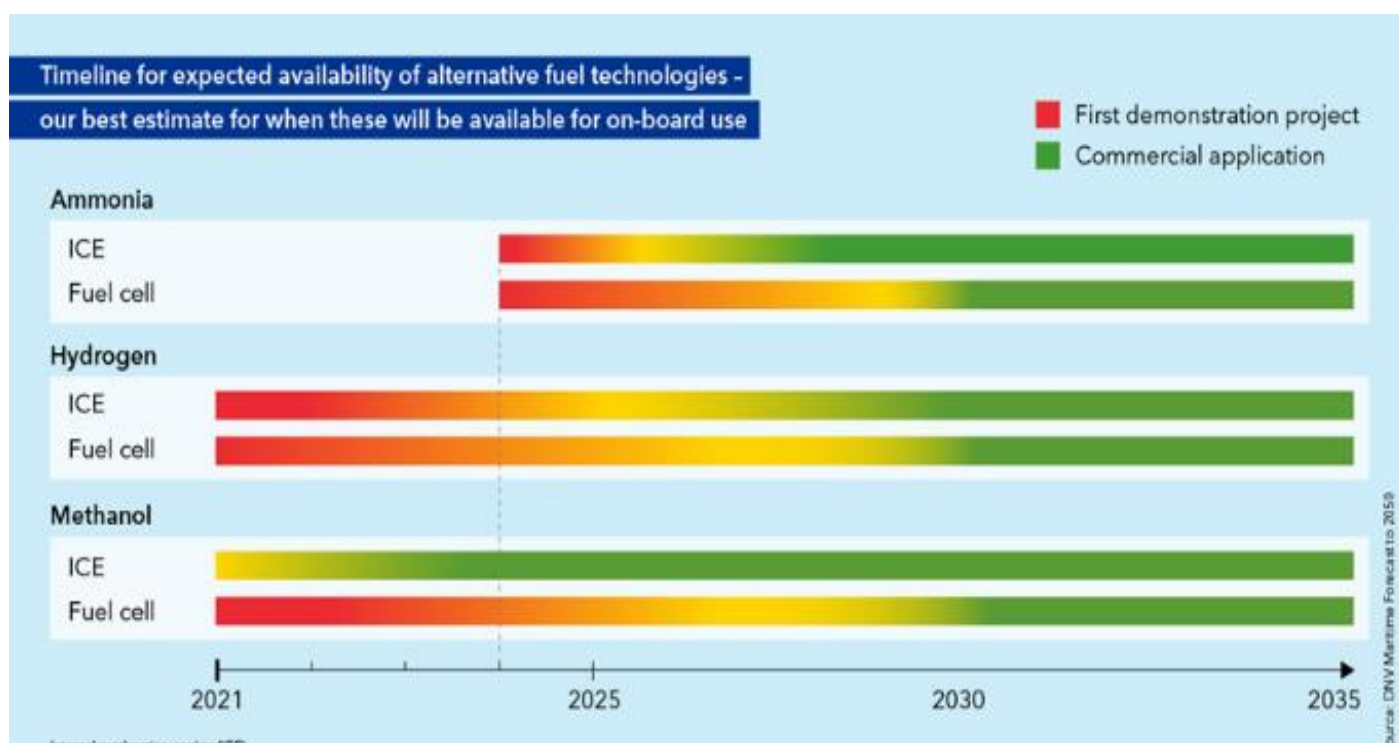


Fig.9: Tempi previsti per la disponibilità di diverse tipologie di carburanti a basse emissioni di CO₂

Biocarburanti

- Il mercato dei biocarburanti nel 2020 ha raggiunto il valore di 139,5 miliardi di dollari con una previsione di crescita a oltre 230 miliardi nel 2027 e un tasso di crescita composto annuo del 6,9%.
- I biocarburanti di prima generazione, ricavati prevalentemente da colture alimentari, rappresentano il 99% dell'attuale produzione, che risulta tuttavia gravata da un significativo impatto in termini di emissioni di gas serra.
- La domanda di biocarburanti nel 2021 ha raggiunto 159.200 milioni di litri, tornando quasi ai livelli del 2019, dopo un calo dovuto alla pandemia di Covid-19, e ha rappresentato il 3,6% della domanda globale di energia per il settore dei trasporti.

2.1 La propulsione ad idrogeno

L'utilizzo di idrogeno nel settore navale è in una fase di sperimentazione preliminare. Può essere utilizzato in celle a combustibile (FC), oppure con combustione diretta (ICE). La sua produzione in forma decarbonizzata è limitata per ora a progetti di piccola scala ed è ancora soggetta a costi che non ne garantiscono un'alta competitività, come avviene anche per il trasporto e la distribuzione. Essa si

basa su un processo che avviene all'interno di cosiddette celle a combustibile, nelle quali viene immesso il gas. Dentro la cella combustibile si verifica un procedimento chimico opposto all'elettrolisi: l'unione di idrogeno e ossigeno generano energia elettrica che viene poi trasferita direttamente al motore elettrico così da produrre il movimento.

L'idrogeno acquisendo un'importanza crescente come fonte energetica sia per applicazioni mobili che stazionarie. Il suo elevato **potere calorifico di 120 MJ/kg**, ed metodo di produzione relativamente semplice, mediante cioè scissione dell'acqua, gli conferiscono il potenziale per essere una fonte di energia inesauribile.

A differenza di altri combustibili convenzionali, produce esclusivamente acqua pura e calore ciononostante, sebbene siano attualmente in corso progressi significativi, sono presenti rilevanti problematiche di natura tecnologica, economica e sociale.

Le principali sfide risiedono nelle difficoltà tecniche associate allo stoccaggio, specialmente nelle applicazioni marittime, dove questo problema è più impegnativo rispetto alle applicazioni stazionarie o automobilistiche. Come nel caso del gasolio o della benzina, anche l'energia chimica dell'idrogeno necessita di una conversione in un altro tipo di energia utile, elettrica o

Technical potential for producing green hydrogen under USD 1.5/kg by 2050, in EJ



Fig.10: Potenziali di produzione di idrogeno verde

meccanica. Le celle a combustibile a idrogeno (FC) rappresentano in questo senso una delle tecnologie più utilizzate in quanto forniscono un meccanismo efficiente e pulito per la conversione dell'energia elettrochimica. Tra le FC, le PEMFC (*Polymeric Electrolytic Membrane Fuel Cells*) sono l'opzione ottimale nelle applicazioni di mobilità poiché presentano diversi vantaggi rispetto alle tecnologie convenzionali, come l'elevata efficienza elettrica, la silenziosità, le basse emissioni inquinanti, la facilità di installazione e l'avvio rapido.

Questa tecnologia è attualmente in fase di sviluppo e utilizzata da diversi progetti internazionali. Alcuni esempi sono le navi alimentate ad idrogeno: Nemo H2, Hydrogenesis, FreeCO2ast o Zemship, che hanno confermato la possibilità di installare

ed integrare con successo un sistema FC in una nave che opera ad emissioni zero.

I motori a combustione interna (ICE) sono dispositivi mecanochimici che convertono l'energia chimica di un combustibile in energia meccanica, solitamente resa disponibile su un albero rotante. **Un ICE utilizza tipicamente combustibili fossili per funzionare, ma possono funzionare a idrogeno apportando alcuni adattamenti al motore** come la sostituzione degli iniettori di combustibili fossili con iniettori di idrogeno, aggiunta di uno spurgo di azoto e di un accumulatore di idrogeno. Il principio di funzionamento di un ICE ad idrogeno è analogo a quelli a benzina o diesel, descritti rispettivamente dal ciclo Otto e dal ciclo diesel, e basato su quattro stadi: ammissione, compressione, combustione e scarico. Rispetto agli FC, gli

ICE ad idrogeno offrono alcuni vantaggi: sono in grado di funzionare con idrogeno meno puro e consentono l'utilizzo delle potenziali infrastrutture di produzione già sviluppate per i motori alimentati a petrolio, che presuppongono un'importante riduzione dei costi e degli investimenti. Tuttavia, sebbene l'idrogeno sia un combustibile privo di carbonio, le prestazioni ambientali della sua produzione dipendono dalle fonti primarie (combustibili fossili o energia rinnovabile) e dal processo specifico. Diventa quindi evidente la necessità di analizzare la sostenibilità ambientale di questi sistemi. La valutazione del ciclo di vita (*Life Cycle Analysis* - LCA) consiste in una metodologia utilizzata per valutare dal punto di vista ambientale un prodotto, processo o servizio

lungo le fasi del suo ciclo di vita: **estrazione delle materie prime, produzione e distribuzione, utilizzo e gestione dei rifiuti quando non è più utile.**

Gli LCA che hanno considerato le applicazioni navali hanno preso in esame prevalentemente mezzi ad FC mentre il campo degli ICE è rimasto inesplorato.

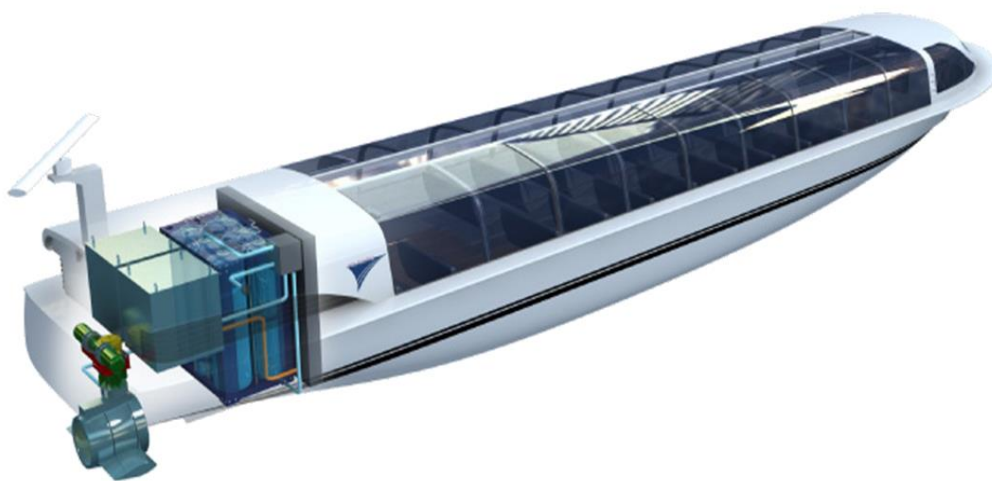


Fig. 11: La nave propulsa ad idrogeno Nemo H2

2.2 I biocarburanti

I biocarburanti rappresentano un gruppo eterogeneo di carburanti ottenuti da fonti energetiche di origine prevalentemente vegetale.

Sebbene a volte usato in modo intercambiabile, biocarburante è sia il termine generale che quello specifico per liquidi o gas come il biodiesel o il bioetanolo, mentre la biomassa si riferisce specificamente a combustibili solidi come legno e torba o la materia prima da cui sono prodotti i biocarburanti (come lo zucchero - e colture oleaginose).

Nel processo di transizione energetica, sono ampiamente considerati una fonte energetica alternativa di collegamento tra i combustibili fossili e le energie rinnovabili.

I biocarburanti di prima generazione sono stati ricavati da colture alimentari.

Le piante ad alto contenuto di zucchero come la canna da zucchero o il mais possono essere convertite in etanolo, mentre gli oli vegetali di colza, soia e altri vengono utilizzati per produrre biodiesel.

La produzione richiede massa di terra dedicata, acqua, fertilizzazione e agricoltura, utilizzando risorse che possono annullare completamente i benefici del combustibile alternativo prodotto. I biocarburanti di prima generazione rappresentano il 99% dei biocarburanti attualmente in uso.

I biocarburanti di seconda generazione sono ottenuti da biomasse di scarto, ad esempio, dall'agricoltura e dalla produzione alimentare (cellulosa non commestibile da bucce di mais, fibre di canna da zucchero, ecc. che danno luogo a etanolo cellulosico), o da oli vegetali usati (olio da cucina usato, ad esempio, che produce nel biodiesel). **Poiché per creare questi sottoprodotti non vengono utilizzate ulteriore massa di terra, acqua, fertilizzazione e agricoltura, sono più convenienti e l'impatto ambientale è significativamente inferiore.**

I biocarburanti di terza generazione sono in gran parte a base di alghe, una fonte di energia studiata da oltre 50 anni, ma che deve ancora essere applicata su scala commerciale.

I biocarburanti di quarta generazione tengono conto del potenziale di cattura e stoccaggio del carbonio delle colture utilizzate per produrre la biomassa richiesta, nonché dell'efficienza energetica della tecnologia di trasformazione che genera il combustibile risultante.

I **vantaggi** ottenibili dall'utilizzo di biocarburanti sono rappresentati da:

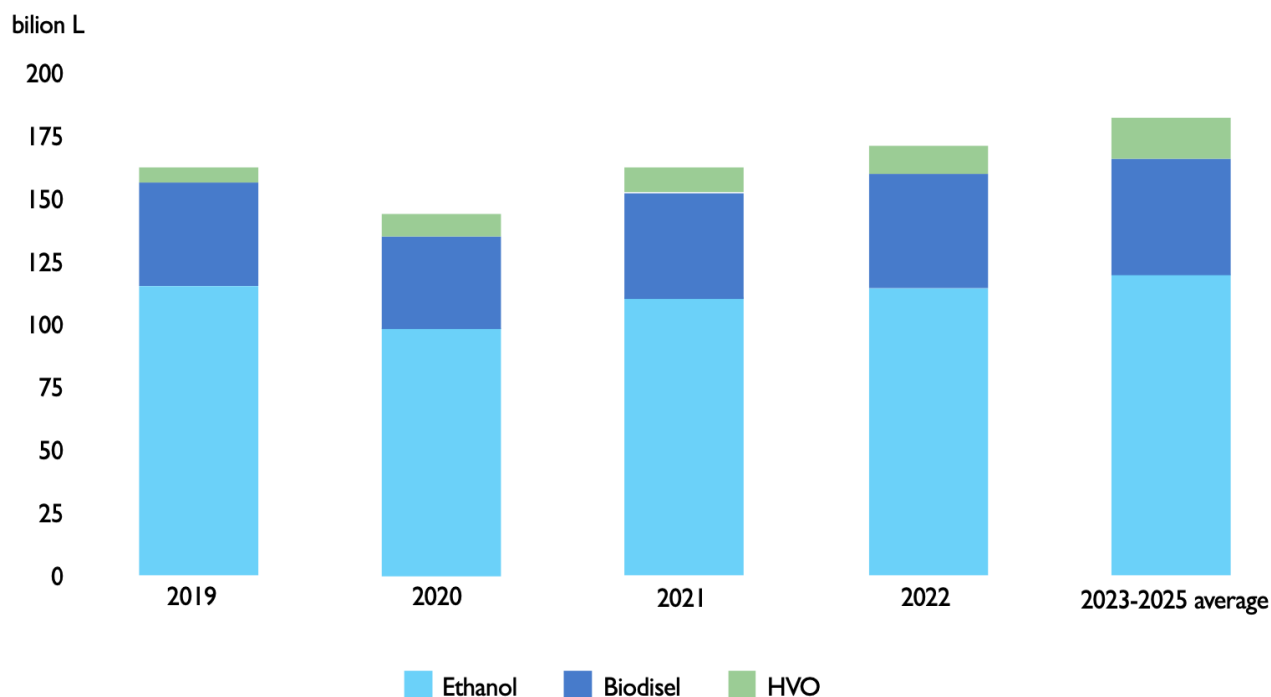
- **minor impatto ambientale:** i carburanti ricavati da biomasse (quindi di seconda generazione) sono delle fonti rinnovabili, sono producibili all'infinito e parte della Co₂ prodotta viene riassorbita dal nuovo ciclo vitale delle coltivazioni di cui si avvalgono; sono

inoltre privi di metalli pesanti nocivi per la salute;

- **minor costo:** i biocarburanti possono costare anche la metà in meno rispetto a diesel e benzina, per un risparmio notevole sui costi di trasporto;
- **recupero degli scarti:** la produzione dei biocarburanti di seconda generazione permette di sfruttare i rifiuti per produrre energia utile per la società e allo stesso tempo di ridurre i volumi di rifiuti accumulati nelle discariche. Si genera in questo modo un'economia circolare e virtuosa con altre realtà produttive.

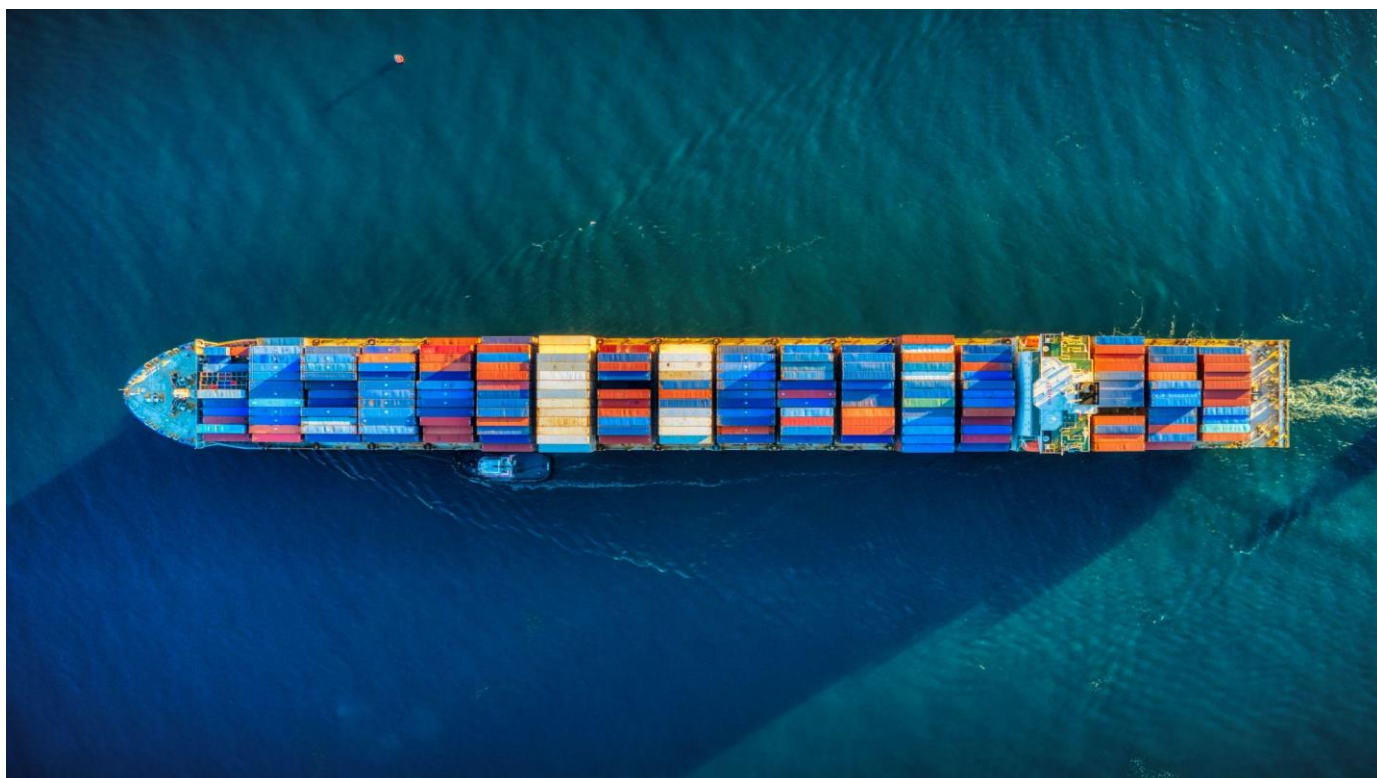
I biocarburanti di prima generazione presentano tuttavia anche alcuni svantaggi non trascurabili:

- **la loro produzione può entrare in competizione con quella di risorse destinate all'alimentazione o all'allevamento, comporta inoltre l'emissione di una certa quantità di anidride carbonica ed altri gas serra.**
- **Possono essere causa di deforestazione,** per destinare i terreni a coltivazioni a maggior rendimento, appunto i biocarburanti



Dati: IEA

Fig.12: Produzione globale di biocarburanti e previsione al 2023-25 - (immagine: Fondi&Sicav, n.151)



3. I corridoi verdi per il trasporto marittimo

Poiché la decarbonizzazione del settore navale richiede tecnologie di produzione di combustibili non attualmente in uso ed infrastrutture di trasporto e rifornimento, è importante iniziare a sviluppare soluzioni alternative su rotte specifiche e grandi porti.

In questo senso la creazione di corridoi verdi, rotte commerciali specifiche tra i principali hub portuali in cui sono state dimostrate e supportate soluzioni a emissioni zero, elimina una parte della complessità legata allo sviluppo su scala industriale di combustibili e mezzi navali ad emissioni zero.

I corridoi verdi possono sfruttare condizioni favorevoli per un'azione accelerata in quanto consentono ai responsabili politici di creare un

ecosistema abilitante con misure normative mirate, incentivi finanziari e norme di sicurezza. Possono inoltre mettere in atto le condizioni per mobilitare la domanda di spedizioni ecologiche su rotte specifiche e contribuire a catalizzare una decarbonizzazione accelerata creando effetti di ricaduta che ridurranno le emissioni del trasporto marittimo su altri corridoi.

Affinché una rotta possa essere selezionata come candidata per un corridoio verde, deve avere il potenziale per la decarbonizzazione su larga scala, creando così l'impatto necessario per aiutare il settore dei trasporti marittimi a raggiungere i suoi obiettivi di decarbonizzazione. Ciò deve essere fattibile anche dal punto di vista dell'implementazione.

A titolo di esempio possono essere prese in esame due rotte principali: la rotta delle navi che trasportano minerali ferrosi dal nord-ovest dell'Australia alle acciaierie del Giappone e la rotta dell'industria dell'auto, tra Asia e Usa, da Pyongtaek a Kobe e Yokohama fino a Long Beach.

Ancora possono essere considerate anche le rotte dell'acciaio e materiali ferrosi tra Australia e Cina e tra Brasile e Cina; quelle dei container transpacifica e transatlantica e, infine, quelle dei combustibili green come l'ammoniaca tra Saudi Arabia e Usa e del metanolo Arabia Saudita e Cina, in fine quella delle portacontainer che si muovono tra l'Asia e l'Europa, da Yokohama fino ad Amburgo, e i relativi scali intermedi.

Questa rotta può essere efficacemente utilizzata come esempio: su questa rotta nel 2019 sono state scambiate circa 24 milioni di unità equivalenti a container (TEU) da venti piedi, trasportate da 365 navi. Le navi hanno bruciato circa 11 milioni di tonnellate di carburante, rilasciando l'equivalente di 35 milioni di tonnellate di CO₂, che rappresentano circa il 3% delle emissioni globali del trasporto marittimo. Affinché una rotta possa diventare un corridoio verde devono essere presenti quattro elementi fondamentali:

- Collaborazione inter-catena del valore: un corridoio verde richiede parti interessate che si impegnino nella decarbonizzazione e siano disposte a esplorare nuove forme di collaborazione in catena per consentire

spedizioni a zero emissioni sia dal lato della domanda che da quello dell'offerta.

- Un percorso realizzabile per il carburante: la disponibilità di carburanti a emissioni zero, insieme all'infrastruttura di bunkeraggio per il servizio di navi a emissioni zero, sono fattori essenziali.
- Domanda dei clienti: devono essere messe in atto le condizioni per mobilitare la domanda di trasporti verdi trasformabili in trasporti ad emissioni zero lungo il corridoio.
- Politica e regolamentazione: saranno necessari incentivi e normative politiche per ridurre i costi ed incrementare le misure di sicurezza.

Elaborazione dei dati

Allineamento completo agli obiettivi di decarbonizzazione	
Scenario 1 Probabilità alta	<p>Il processo di decarbonizzazione del trasporto navale procederà con una progressione la cui velocità dipenderà fortemente da elementi politici, economici e tecnologici. E' verosimile attendersi un impatto sui paesi produttori di combustibili fossili; la sua entità tuttavia non è, ad oggi, quantificabile in quanto strettamente connessa con la capacità di questi ultimi di adattare le proprie economie al processo di transizione verso il net-zero. E' difficile immaginare che un cambiamento come la transizione energetica non coinvolga ogni settore del comparto marittimo: dalla progettazione ed alla operatività dei mezzi navali fino alla logistica a terra tutto dovrà progressivamente adeguarsi ad una economia ad emissioni zero. Sul fronte dei combustibili entro il 2030 è ragionevole attendersi la commercializzazione di prodotti a basse o nulle emissioni, sia per quanto riguarda il loro impiego, sia per quanto riguarda la loro produzione.</p>
Allineamento parziale agli obiettivi di decarbonizzazione	
Scenario 2 Probabilità media	<p>In questo scenario gli obiettivi di decarbonizzazione vengono raggiunti solo in parte o in ritardo rispetto alle scadenze previste.</p> <p>Per quanto riguarda i biocarburanti, una possibile problematica potrebbe essere rappresentata dal persistere nell'uso di biocarburanti di prima generazione che risultano poco efficienti nell'abbattimento delle emissioni di gas serra.</p> <p>Analoghe problematiche potrebbero riguardare la propulsione ad idrogeno, specialmente per quanto riguarda la sua produzione tramite un processo a basse emissioni.</p> <p>Sul fronte delle compagnie armatrici, il raggiungimento degli obiettivi richiesti implica un grosso sforzo di adeguamento sia delle flotte che degli standard di formazione ed aggiornamento degli equipaggi. La velocità richiesta dovrà essere supportata da interventi economici che, in caso di scarsa incisività, potrebbero comportare un significativo rallentamento del processo di decarbonizzazione.</p>
Mancato allineamento agli obiettivi di decarbonizzazione	
Scenario 3 Probabilità bassa	<p>Questo scenario, il più improbabile dei tre, prevede il fallimento degli obiettivi di decarbonizzazione legato, presumibilmente al fallimento nel conseguire livelli di efficienza sufficienti nelle tecnologie necessarie a supportare la transizione verso il net-zero.</p> <p>Un ulteriore elemento di criticità potrebbe essere rappresentato dalle difficoltà, anche di ordine economico, delle compagnie armatrici nell'implementazione delle soluzioni tecnologiche proposte.</p>

Classificazione delle fonti

Affidabilità della fonte		
A	Affidabile	Nessun dubbio di autenticità, affidabilità o competenza; ha una storia di completa affidabilità.
B	Normalmente affidabile	Piccoli dubbi di autenticità, affidabilità o competenza; ha una storia di informazioni valide nella maggior parte dei casi
C	Abbastanza affidabile	Dubbio di autenticità, affidabilità o competenza, tuttavia in passato ha fornito informazioni valide
D	Normalmente non affidabile	Dubbio significativo sull'autenticità, affidabilità o competenza, tuttavia in passato ha fornito informazioni valide
E	Inaffidabile	Mancanza di autenticità, affidabilità o competenza; storia di informazioni non valide
F	Non giudicabile	Non esiste alcuna base per valutare l'affidabilità della fonte

Contenuto dell'informazione		
1	Confermata	Confermato da altre fonti indipendenti; logico in sé; coerente con altre informazioni sull'argomento
2	Presumibilmente vera	Non confermato ; logico in sé; coerente con altre informazioni sull'argomento
3	Forse vera	Non confermato ; ragionevolmente logico in sé; concorda con alcune altre informazioni sull'argomento
4	Incerta	Non confermato ; possibile ma non logico ; non ci sono altre informazioni sull'argomento
5	Improbabile	Non confermato ; non logico in sé ; contradetto da altre informazioni sull'argomento
6	Non giudicabile	Non esiste alcuna base per valutare la validità dell'informazione

Fonti

BIBLIOGRAFIA

- [A1] “COP27 Ends with Announcement of Historic Loss and Damage Fund.” 2022. UNEP. November 22, 2022. <http://www.unep.org/news-and-stories/story/cop27-ends-announcement-historic-loss-and-damage-fund> .
- [A1] Associazione per gli Studi Giuridici sull’Immigrazione, *LETTERA APERTA AD OIM E UNHCR L’intervento umanitario in Libia non sia strumentalizzato per colpire il diritto di asilo e perpetrare orribili crimini contro l’umanità*, 2019. https://www.asgi.it/wp-content/uploads/2020/01/2020_1_Lettera-aperta-ad-Unhcr-e-OIM_def.pdf
- [A1] Associazione per gli Studi Giuridici sull’Immigrazione, *Libia: gli interventi finanziati da fondi AICS nei centri di detenzione*, 2020. <https://www.asgi.it/notizie/libia-rapporto-asgi-fondi-aics/>
- [B1] Behrens-Scholvin H. e Schliewen A., *Frontex dehumanizing constitution of people on the move* per Abolish Frontex (rete decentrata e autonoma di gruppi, organizzazioni e individui). <https://abolishfrontex.org/blog/2021/10/21/frontex-dehumanizing-constitution-of-people-on-the-move/>
- [B1] Campesi G, *Responsabilità e solidarietà nel governo delle migrazioni* in Il Mulino, Rivista di cultura e di politica, 2021. <https://www.rivistailmulino.it/a/responsabilit-e-solidariet-nel-governo-delle-migrazioni>
- [A1] Casale F. A. e Galbarini A. , *AMIStaDeS intervista GianFranco Damiano, Presidente della Camera di Commercio italo-libica* in Centro Studi AMIStaDeS- Fai amicizia con il sapere. Centro studi per la promozione della cultura internazionale, aprile 2020. <https://www.amistades.info/post/amistades-intervista-gianfranco-damiano-presidente-della-camera-di-commercio-italo-libica>
- [A1] Codice di Condotta per le ONG Impegnate nelle Operazioni di Salvataggio dei Migranti in Mare https://www.interno.gov.it/sites/default/files/codice_condotta_ong.pdf
- [A1] Euro-Mediterranean Human Rights Monitor. *Frontex: Accountability Declined Systematic Cover-Ups of Illegal Migrant Pushbacks at Sea*, 2021. <https://euromedmonitor.org/uploads/reports/frontexrep.pdf>
- [A1] Facchini D., *Alla deriva: i migranti, le rotte del Mar Mediterraneo, le Ong: il naufragio della politica che nega i diritti per fabbricare consenso*. Altra Economia, 2018.
- [B1] Gruppo di ricerca di Abolish Frontex, *Fact sheet: Frontex and the military and security industry* <https://abolishfrontex.org/blog/2021/11/22/fact-sheet-frontex-and-the-military-and-security-industry/>
- [B1] Izady M., *Infographs, Maps and Statistics Collection* <https://gulf2000.columbia.edu/maps.shtml>
- [A1] Memorandum d'intesa sulla cooperazione nel campo dello sviluppo, del contrasto all'immigrazione illegale, al traffico di esseri umani, al contrabbando e sul rafforzamento della sicurezza delle frontiere tra lo Stato della Libia e la Repubblica Italiana [Libia.pdf \(governo.it\)](#)

- [B1] Monroy M., *WhatsApp to Libya: How Frontex uses a trick to circumvent international law in Security Architectures in the EU*, 2021.
<https://digit.site36.net/2021/10/08/whatsapp-to-libya-how-frontex-uses-a-trick-to-circumvent-international-law>
- [A1] Parere allegato all'esposto alla Corte dei Conti europea in relazione all'errato utilizzo dei fondi europei per il progetto *Sostegno alla gestione integrata delle frontiere e della migrazione in Libia*, finanziato dall'EUTF for Africa, presentato da Global Legal Action Network (GLAN), Associazione per gli Studi Giuridici sull'Immigrazione (ASGI) e Associazione Ricreativa e Culturale Italiana (ARCI), 2020.
- [A1] Rapporto *LA FABBRICA DELLA TORTURA. Rapporto sulle gravi violazioni dei diritti umani dei migranti e dei rifugiati in Libia (2014-2020)*, Medu, 2020.
- [A1] Rapporto *Libia: un oscuro intreccio di collusione. Abusi su rifugiati e migranti diretti in Europa*, Amnesty International, 2017.
- [A1] *Report of the Special Rapporteur on the human rights of migrants on a 2035 agenda for facilitating human mobility*, Organizzazione Internazionale delle Migrazioni, 2017.

Hanno collaborato a questo numero



PAOLO ANDREA GEMELLI

Docente di Architettura Navale presso l'Università di Genova. Ha conseguito il dottorato in collaborazione con il NATO Centre for Maritime Research and Experimentation di La Spezia. Membro del consiglio direttivo di AIAIG (Associazione Italiana Analisti di Intelligence e Geopolitica) e analista del Centro Studi Amistades. È iscritto all'Ordine dei Giornalisti dal 2004.



GIOVANNI INGROSSO

Laureato in Scienze politiche all'Università di Pavia e in Scienze strategiche all'Università di Torino. Ha lavorato per trent'anni come responsabile delle risorse umane in diverse aziende. Ha studiato storia militare e, in dettaglio, la storia del periodo della Guerra Fredda. È autore di diversi libri sui temi della guerra e dello spionaggio.



PROGETTO EDITORIALE E REALIZZAZIONE GRAFICA

ANDREA SPEZIALE

SMM e Graphic Editor, AMIStaDeS



COORDINAMENTO

ALESSANDRO VIVALDI

Presidente, Associazione Italiana Analisti di Intelligence e Geopolitica (AIAIG)

Scenari

Report per i decisori

ISSN 2785-3217

La decarbonizzazione del trasporto marittimo

Report
N. 3/2023
Gennaio

Realizzazione grafica

Andrea Speciale

A cura di

Irene Piccolo



Edito da

Centro Studi AMIStaDeS

www.amistades.info

info@amistades.info