

# TEHNOLOGII NAVALE si COMBUSTIBILI VIITORULUI

## pe drumul DECARBONIZARII

CCN 98 – 07 aprilie 2023

dr ing Jean Sever Popovici; c-amiral de flotila(r) dr ing Constantin Rusu

### **Partea I-a**

#### **TEHNOLOGII NAVALE pentru reducerea consumului energetic la bordul navei.**

Dr ing J S Popovici

##### **1. Introducere**

Urmatorul deceniu va fi marcat de o serie intreaga de politici si reglementari orientate pentru obiectivul “**decarbonizarii**” care va stimula pe investitori, armatorii si constructorii de nave, sa identifice, evalueze, si sa utilizeze, tehnologii de constructie si exploatare a navelor precum si combustibili noi, care sa conduca la economii energetice si la reducerea emisiilor de gaze cu efect de sera GES (GHG- **Greenhouse Gas**) in atmosfera.

In urma cu doi ani - in plina pandemie Covid19 - am distribuit in comunitatea CCN articolul *“Drumul catre decarbonizare in shippingul international – Combustibilii viitorului”*, recenzie a studiului systematic efectuat anual de societatea de clasificare DnV – **“Maritime Forecast to 2050 – Energy Transition Outlook 2020”**- lucrare ce poate fi citita pe situl [www.anconav.ro](http://www.anconav.ro) sectiunea CCN – Lucrari CCN.

Prezenta lucrare / prezentare, se bazeaza pe acelasi studiu systematic al DnV, dar in ultima sa editie din 2022 – **“Energy Transition Outlook 2022”**, si o serie de alte articole de specialitate in domeniul shippingului international, pe acest subiect.

Daca in editia 2020 a studiului, obiectivele avute in vedere pe drumul “decarbonizarii” erau mai indulgente “tinta de reducere a emisiilor cu 70% fata de anul 2008 propusa pt 2050, si viziunea decarbonizarii totale – 100% in 2100”, ultima editie din 2022 are in vedere doua variante ale obiectivului decarbonizatii :

- **“Ambitia IMO”** de reducere a emisiilor anuale de GHG cu 50% fata de 2008, pana in 2050,
- **Decarbonizarea totala** – reducerea emisiilor anuale de GHG cu 100% fata de anul 2008, pana in 2050.

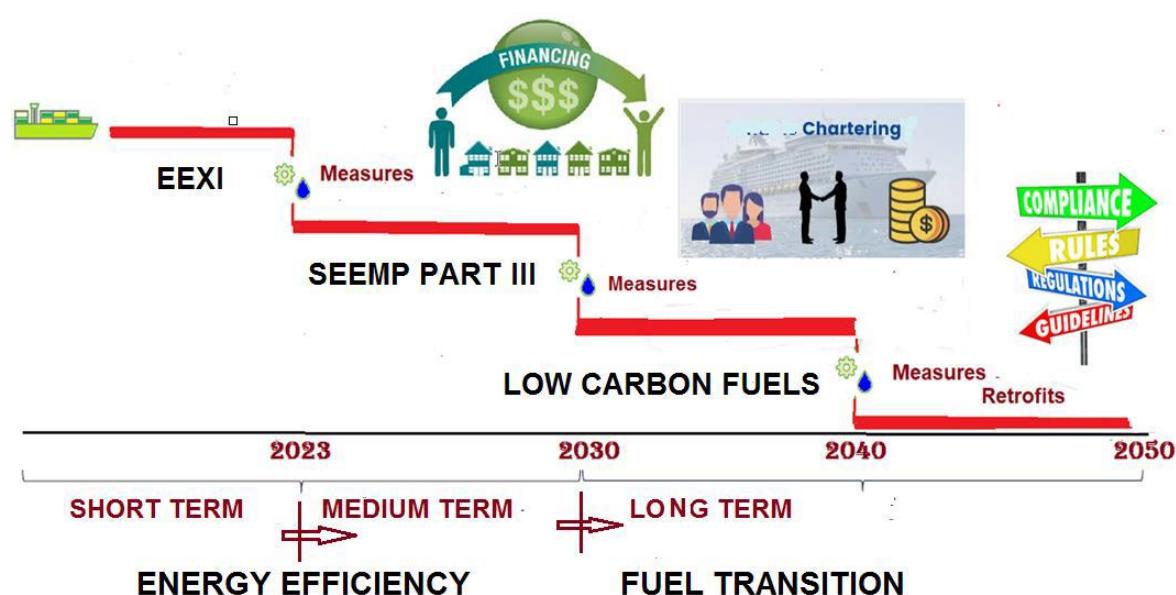
Aceasta lucrare urmărește asadar, a pune în evidență care sunt caile, metodele și mijloacele de realizare practica a acestor obiective foarte angajante.

## **2. Cadrul de reglementare (Regulatory Framework)**

Organismul principal de reglementare internațională în shipping - IMO (International Maritime Organisation) este chemat să defini criterii de performanță și reglementări care să stimuleze partile interesate (investitori, armatori, santiere navale, producători de echipamente navale etc.) să adopte soluții constructive și de exploatare a navelor în sensul acestui obiectiv al “decarbonizării” respectiv reducerea emisiilor de gaze cu efect de sera (GHG).

Incepând din 2013 și chiar și înainte de acest an, IMO a elaborat și implementat în legislația maritimă o serie de reglementări statutorii, destinate în special reducerii emisiilor de boxid de carbon și gaze cu efect de sera- GHG (IMO GHG; IMO DCS; EU MRV; IMO SOx; IMO NOx; IMO EEDI; IMO EEXI; SEEMP; etc.)

După cum se poate vedea din schema de mai jos, măsurile pe termen scurt (până în 2023) și cele pe termen mediu (până în 2030) urmăresc în principal **creșterea eficienței energetice la bordul navei** – respectiv reducerea consumului de carburant și **implicit reducerea emisiilor GHG** – măsuri ce pot fi numite “Tehnologii navale pt economie energetica”.

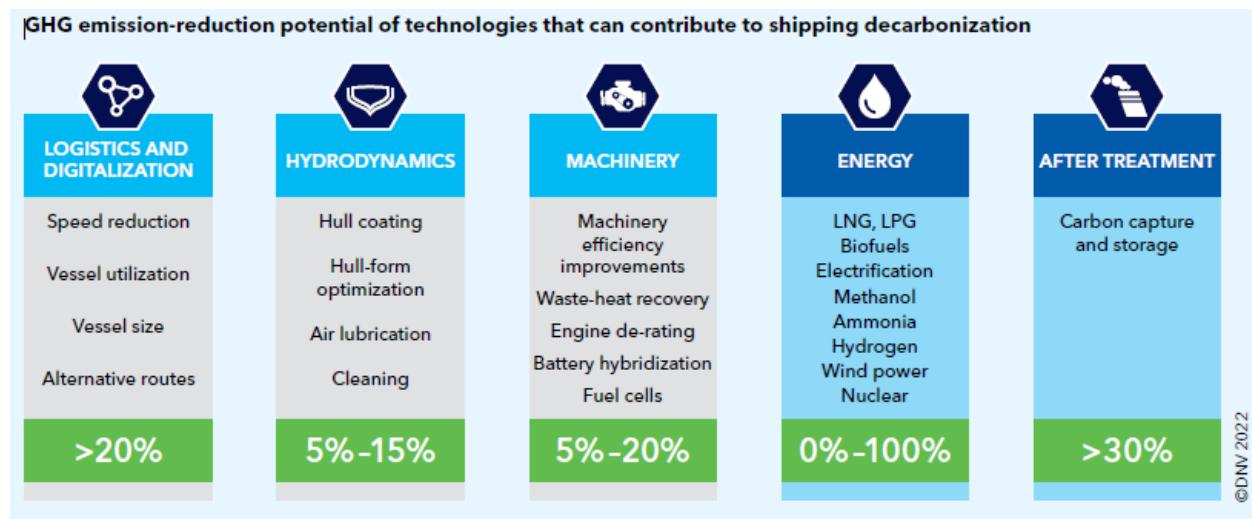


In continuare nu numai IMO dar si Uniunea Europeană (EU) sunt sub presiunea pieței shippingului de a emite reglementari orientate în direcția protecției mediului – limitarea emisiilor GHG. EU Emission Trading System (EU ETS) reglementare pe principiul “poluatorul platește” dar și reglementarii pentru stimularea utilizării combustibililor alternativi – din surse regenerabile și fără carbon - (FuelEU Maritime).

Pe termen lung tranzitia către decarbonizarea parțială (IMO Ambition 50%) sau totală (100%) până în 2050, impune **utilizarea combustibililor alternativi** cu conținut redus de carbon sau “carbon neutru”.

Masurile tehnologice de economie energetică / reducerea consumului de carburant la bordul navelor, nu sunt suficiente pentru a atinge întele de decarbonizare – reducerea emisiilor putând atinge maximum 20% (vezi figura de mai jos).

Înca din 2030 și mai ales din 2040 utilizarea **combustibililor alternativi** este absolut necesară, pentru a putea spera la reduceri ale emisiilor GHG de până la 100% în 2050.



### 3. Tehnologii navale pentru decarbonizarea in shipping

(Ship technologies for the decarbonization of shipping)

Vom trece în revista principalele mijloace și măsuri ce pot fi întreprinse pentru reducerea consumului energetic / reducerea consumului de carburant la bordul navei și implicit reducerea emisiilor.

**3.1** În cazul constructiilor de nave noi, **tehnologiile constructive** ce se pot aplica încă din etapa de proiectare și construcție a navei sunt multiple, și astă cum se poate vedea

din figura de mai jos, au aport energetic demn de luat in seama - de pana la 10%. In tabelul de mai jos sunt date cateva exemple:

#### Examples of some of the many technologies that can be applied to new builds

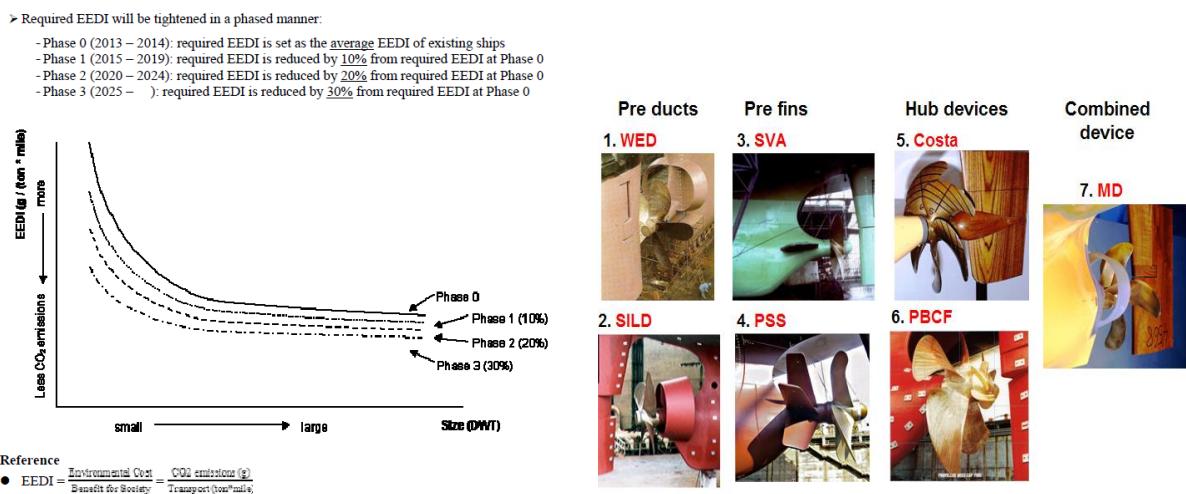
	Potential increase in fuel efficiency %
Main Engine optimisation	2
Waste Heat Recovery	7
Optimize hull shape	6
Optimized propeller and rotation speed	4
Maintenance of wetted hull surface	3
Improved anti fouling paints	1
Twin skeg + twin propeller	5
Trim optimisation – large block factor ships	1
Trim optimisation – small block factor ships	>5
Miscellaneous fuel saving devices	3
Additives	5
More efficient slow steaming controls	3
Waste heat recovery	10
Advanced electronic controls	3
Optimisation of Turbo Charging	2
Turbocharger cut outs	2
Emulsions	3

- Alegerea optima a puterii motorului principal (2%)
- Recuperarea energiei gazelor de evacuare (7%)
- Optimizarea hidrodinamica a formelor corpului navei (6%)
- Optimizarea proiectarii elicei si a turatiei elicei (4%)
- Intretinerea (curatarea) carenei navei (3%); etc.

**3.2.** Inca din perioada anilor 1980 s-au dezvoltat si experimentat asa zisele “**Energy Saving Devices - ESD**” – sisteme aditionale de economie energetica aferente corpului navei sau ale propulsorului. Dezvoltarea lor in acea perioada nu era incurajata datorita costurilor reduse ale combustibililor dar si datorita necesitatii intretinerii (curatarii) periodice ale acestora, pentru a se pastra efectul pozitiv al eficientei dupa instalare.

Dupa introducerea de catre IMO a indicelui de performanta EEDI (Energy Efficiency Design Index – vezi figura) aplicabil de la 01.01.2013, aceasta optiune de economie energetica a revenit in actualitate, fiind aplicata tot mai mult atat pt constructii noi cat si pt navele in serviciu, ca un “retrofit” destinate economiei energetice.

Semiduze in amonte de elice WED, SILD, sau MD; aripi oare de dirijare SVA; statoare PSS; bulb extins pe carma- Costa; system de recuperare energie jetului elicei PBCF; sunt doar cateva sisteme ESD din cele mai utilizate frecvent cu economii energetice de maxim (3- 8)%.



**3.3. Utilizarea energiei vantului** dateaza inca din cele mai vechi timpuri pentru propulsia navelor (navele cu vele) sau hybrid- nave cu vele si propulsive cu abur. Iata ca aceasta sursa de energie a vantului este din nou de interes si este experimentata in propulsia navelor – ca system additional hybrid pentru economie energetica - **Wind Assisted Propulsion (WAP)**. Sistemele de tip vela (kitesurf), vele rigide actionate automat /asistat functie de directia vantului, si nu in ultimul rand “Rotoare Fletner”, au fost experimentate pe nave comerciale in ultimii ani, putand obtine economii de 3-15% din puterea necesara de propulsie si chiar mai mult in anumite conditii meteo.

#### BHP sets Rotor Sails on Geared Bulker

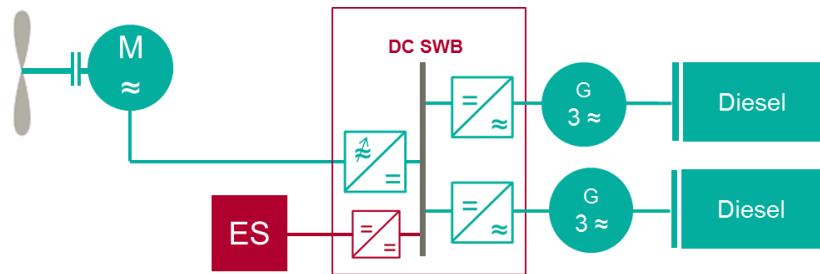


Mitsubishi Corporation's Pyxis Ocean is set to be the first vessel fitted with BAR Technologies' wind propulsion technology WindWings.

Mining giant BHP has partnered with Pan Pacific Copper and Nippon Marine to try out a rotor sail system aboard a geared bulker to reduce emissions.

**3.4. Electrificarea propulsiei** navale ca solutie de sine statatoare sau hibrida, este o solutie foarte eficienta pentru reducerea emisiilor GHG. Solutia este aplicabila in special

navelor mici pe rute scurte (de tip ferry, sau short sea shipping) sau navelor cu variatii mari ale incarcarii propulsorului (remorchere de rada si port, offshore supply vessels - OSV). De asemenea propulsia aditionala electrica (cu ES- Energy Storage system) este o foarte buna solutie pentru cazurile de tip "plug in" (cuplare) cu alte surse energetice de tipul *vant, solar, sau celule combustibile* - producatoare de electricitate pentru cresterea eficientei energetice.



Instalarea de **Panouri Fotovoltaice** poate ajuta la productia de current electric in mars sau in stationarea navei in port, putand conta pe o economie de doar cca 1% din energia auxiliara produsa la bord, desigur depinzand de suprafata panourilor solare ce pot fi instalate (nave tip "car ferry" cel mai adecvat, datorita spatiului deschis pe puntea superioara).

Pentru navigatia maritima de cursa lunga, solutia propulsiei electrice nu este aplicabila datorita necesarului mare de autonomie a navei si a capacitatilor de incarcare limitate a bateriilor.

**3.5. Propulsia nucleara** este de mare interes in viitor ca sursa de energie nepoluanta pentru nave, utilizarea sistemelor de tipul SMR (Small Modular Reactors) ce utilizeaza ca system de racire sarea topita (*molten salt reactor technology*) este solutia vizata.

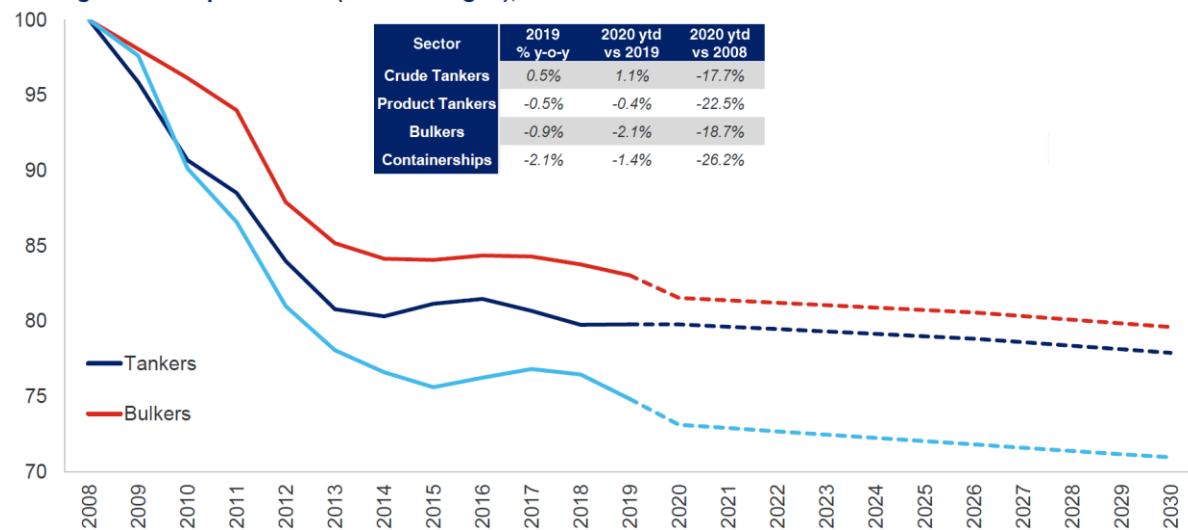
Totusi se asteapta deocamdata aplicarea acestei tehnologii in industria terestra (centrale electrice), pentru acumularea de experienta suficienta, aprecierea perceptiei publicului, riscurile si costurile asociate pentru aplicarea acestei tehnologii la propulsia navală. Solutia va fi aplicabila in special pt nave maritime mari (tanuri, PC, bulk carrier), datorita gabaritului mare a acestor instalatii nucleare.

**3.6. Masurile operationale** aplicante in exploatarea navelor sunt solutia cea mai la indemana pentru reducerea emisiilor.

Reducerea vitezei de croaziera a navelor in serviciu (**slow steaming**), prin reducerea turatiei de functionare a motorului principal respectiv al elicei, conduce la reducerea

necesarului de putere a motorului principal si corespunzator reducerea consumului de carburant. Reducerea consumului de combustibil conduce implicit la reducerea emisiilor poluante! Din diagrama de mai jos se poate observa ca statistic, fata de anul 2008, viteza de croaziera a navelor in 2020, a scăzut între 18% (tancuri și vrachiere) și 26% (la portcontainere) în scopul reducerii emisiilor și satisfacerea indicelui EEXI.

Average Vessel Speed Index (Year Averages), 2008-2030f



Desigur trebuie avut în vedere reducerea puterii consumate pt propulsie – dar în limitele functionării în siguranță a navei (manevrabilitate) și stabilității functionării motorului. Sunt de asemenea posibile ajustări tehnice ale sistemelor motorului și pentru reducerea consumului specific de carburant (SFOC).

Acest nou concept de exploatare a navei la viteză mai redusă se aplică și în cazul navelor noi (**Slow steaming “by design”**) de multe ori contrarane de indeplinirea indicilor de performanță EEDI și EEXI, prin acțiuni de optimizare a formelor corpului navei și a sistemului de propulsie.

Masurile operaționale se pot extinde pe tot lantul de logistică de funcționare a navei, prin optimizare și programare inteligentă, ca de exemplu:

- alegerea rutei optime;
- sosirea în port planificată (just in time);
- optimizarea gradului de utilizare a navei;
- optimizarea vitezei funcție de asieta;
- curătarea periodică a carenei și palelor elicei;
- utilizarea în port a surselor de energie de la mal (cold ironing); etc.

Aceste **masuri operationale** orientate catre reducerea emisiilor GHG, pot fi maximizate daca se ia in considerare o noua componenta **digitalizarea**, care devine complementara procesului de decarbonizare, in perioada imediat urmatoare.

**3.7. Digitalizarea si Decarbonizarea** sunt cele mai importante forte de transformare in shipping ce se impleteșc in realizarea aceluias scop, dar la ora actuala, din pacate tehnologiile de la bordul navei ce sunt compatibile digitalizarii in scopul tranzitiei energetice, sunt inca imature.

**Tehnologii digitale** ca Machine Learning (ML), Artificial Intelligence (AI), Internet of Thinks (IoT), conectivitate, simulari asistate de calculator, platforme de optimizare numerice, etc. au progresat rapid, si aplicate in tehnologia navală vor avea un impact major in decarbonizarea shippingului. Cateva exemple ar fi:

- **Elaborarea unor proiecte de nave mult mai eficiente** (*modele numerice de proiectare optimizare hidrodinamica a formelor corpului navei si propulsoarelor; simulație pt sistemele energetice navale; modele virtuale pt proiectare constructia si operarea navei vor deveni mijloace standard; dezvoltarea de sisteme de control a navelor autonome – fara echipaj; etc.*)
- **Optimizarea performantelor in exploatarea navelor pt reducerea GHG** (*monitorizare; selectarea rutei optime; planificarea voiajului; diagnosticare si actiuni corrective; simulari pt pregatirea echipajului; sincronizarea sosirii in port (just in time) pt descarcare/ incarcare; monitorizarea consumului de carburant si reglarea regimului slow steaming; optimizarea integrarii sistemelor de celule combustibile cu sistemul de propulsie al navei; etc.*)
- **Optimizarea utilizarii flotei si a performantelor GHG** (*simularea si optimizarea marimii, structurii si a vitezei de croaziera a flotei; imbunatatirea integrarii si comunicarii intre nave, cu compania si porturile, pt imbunatatirea planificarii, logisticii si gradului de utilizare a flotei)*

#### “Software” improvements

	Potential increase in fuel efficiency %
Weather routing and better forecasts	2
Virtual arrivals	1
Vessel voyage optimisation	2
Use of sea currents	1
Electronic controls	2
Engine monitoring ashore	1

Asadar dupa cum am precizat anterior, masurile tehnologice navale clasice de economie energetica nu sunt suficiente pentru a atinge obiectivele decarbonizarii asumate de IMO, putand atinge o reducere de cca 20% a emisiilor GHG.

De aceia trebuie avut in vedere in urmatoarea decada ropolul departe, utilizarea **combustibililor alternativi** de tip **“carbon neutrul” sau “zero carbon”** pentru a putea spera la o era a decarbonizarii totale (100%) undeva dincolo de anul 2050.

#### **4. Tehnologia combustibililor pentru decarbonizarea in shipping**

(Fuel technologies for the decarbonization of shipping)

(Pentru dezvoltarea in detaliu al acestui subiect vezi Partea II-a “Combustibili marini” c-amiral ropolul Ctin Rusu).

**4.1. Motorul cu ardere interna** (ICE) va ramane in continuare, sistemul dominant de propulsiv a energiei pentru propulsia navală.

Pentru perioada de tranzitie a decarbonizarii, utilizarea **combustibililor fosili** in continuare este cea mai realista, si utilizarea **LNG** in varianta combustibililor duali (DF) sau LNG ca atare, este cea mai utilizata in present deoarece:

- LNG este deocamdata cea mai matura solutie de combustibil compatibila cu reglementarile curente.
- LNG este mai ieftin decat combustibilul greu HSFO (IFO380)
- Infrastructura de distributie si bunkering se extinde rapid.
- asigura o viabilitate pe termen lung, daca se pune problema migrarii pe biogas sau metan sintetic (SNG)
- utilizarea combustibililor fosili in combinatie cu **tehnologia CCS** (Carbon Capture and Storage) poate reduce emisiile de CO<sub>2</sub> pana la 80%.



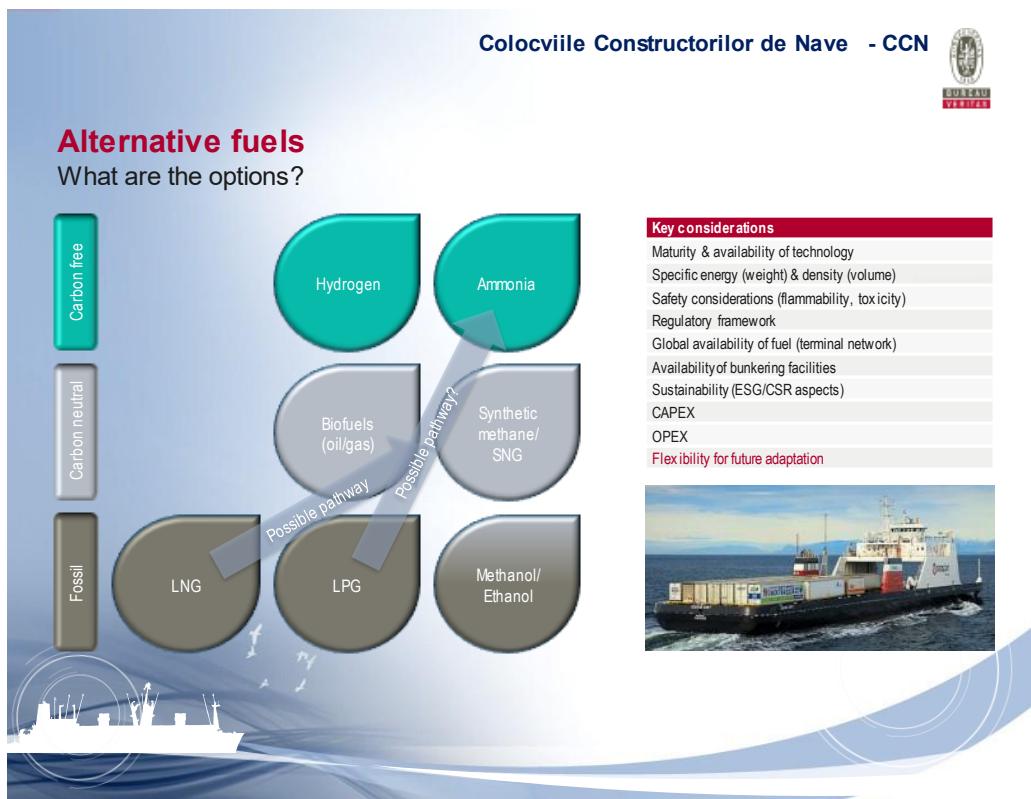
*Bulk carrier cu system propulsive dual fuel LNG- MGO.*

In figura de mai jos este prezentata o schema globala a “**Combustibililor Alternativi**” ca optiuni de viitor pt o tranzitie la combustibili cu performante de 100% reducere gaze cu efect de sera GHG.

- Solutiile bazate pe **combustibili fosili** – LNG, LPG si Metanol / Etanol
- Combustibili “**Carbon Neutrul**” – Bio-combustibili, Metan sintetic SNG.
- Comustibili “**Zero Carbon**” – Hidrogen, Amoniac.

O serie de consideratii importante trebuie luate in seama pentru alegerea combustibililor alternativi ai viitorului:

- Maturitatea si disponibilitatea tehnologiei combustibilului,



- Energia specifica (J/t), Densitate (m<sup>3</sup>/t)
- Consideratii de siguranta (inflamabilitate, toxicitate)
- Cadrul de Reglementare
- Disponibilitatea globala a combustibilului (producere / fabricare)
- Disponibilitatea facilitatilor de bunkeraj
- Sustenabilitate
- CAPEX (costuri investitie de capital)
- OPEX (costuri operationale)
- Flexibilitate pentru adaptare viitoare la alt tip de combustibil.

Ambitiile “decarbonizarii pana in 2050” in shipping sunt deosebit de angajante, dar investitiile necesare sunt foarte mari. Astfel Studiul DNV “Energy Transition Outlook 2022”, estimeaza urmatoarele:

- Pentru scenariul “**IMO ambition – reducere GHG 50% pana in 2050**”, sunt necesare investitii la bordul navelor de cca **8-28 Miliarde USD/ an** .  
*( In ultimii 10 ani s-a investit in tehnologii la bordul navei cca 10 Miliarde USD – 1 Miliard USD/ an)*
- Pentru scenariul “**Decarbonizare totala - 100% reducere GHG pana in 2050**” sunt necesare investitii de cca 2-3 ori mai mari – **15-80 Miliarde USD/an**.

In plus sunt necesare **investitii in infrastructura** de inca cca **28- 90 Miliarde USD/ an**.