

TRASPORTO MARITTIMO E GESTIONE AMBIENTALE NELLE AREE PORTUALI ITALIANE

SETTORE PROGETTI AREE PORTUALI



Massimiliano Bultrini

Roma 17 maggio 2016

1

Quadro normativo

IMO e Convenzione Marpol



Convenzione Marpol 73/78 (1973, 1978 → 2 ottobre 1983)
prevenzione e minimizzazione dell'inquinamento
dell'ecosistema marino da parte delle navi

6 annessi tecnici:

- Annesso I (prevenzione inquinamento di prodotti petroliferi)
- Annesso II (prevenzione inquinamento sostanze liquide nocive alla rinfusa)



OBBLIGATORI

- Annesso III (prevenzione inquinamento sostanze pericolose in colli e contenitori)
- Annesso IV (prevenzione inquinamento da acque di scarico)
- Annesso V (prevenzione inquinamento da rifiuti)
- **Annesso VI (prevenzione inquinamento dell'aria)**

⇒ **VOLONTARI**

Entrata in vigore annessi: almeno 15 paesi, almeno il 50% tonnellaggio lordo mondiale

Quadro normativo

Annesso VI Convezione Marpol 73/78

Annesso VI (1997 → 19 maggio 2005)

Annesso rivolto alla protezione dall'**inquinamento atmosferico** creato dalla navigazione marittima.

- Istituzione Emission Control Areas (**ECA**)
- Regolamentazione riguardante **SO_x** e **NO_x**, **COV**, sostanze dannose all'**ozonofera**, **inceneritori**
- Introduzione certificazione **IAPP / EIAPP** delle navi (> 400 TSL)

Emendamento Annesso VI (ottobre 2008 → luglio 2010)

- Scadenze temporali limiti emissivi di **SO_x** e **NO_x** fino al **2020**
- Piano di gestione delle emissioni di **COV** (navi petroliere)
- Efficienza energetica navi (EEDI, SEEMP per la **CO₂**)

Quadro normativo

Emission Control Areas (ECA)

Emission Control Area (ECA): limiti alle emissioni dovuti al trasporto marittimo **più stringenti** di quelli ammessi a livello globale

Istituzione di un'ECA vista come un'emendamento all'Annesso VI

⇒ **tempi “lunghi”** (circa 3 anni)

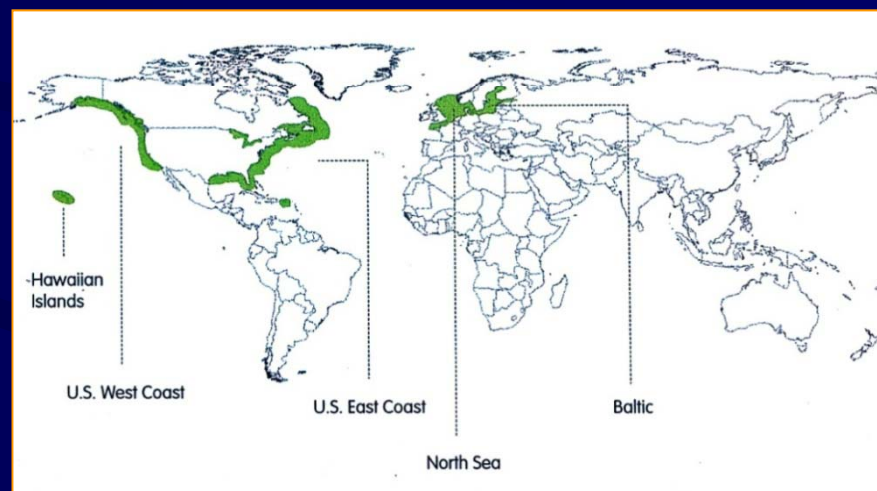
SO_x ECA ⇒ **“SECA”**

NO_x ECA ⇒ **“NECA”**

- Mar Baltico (2005)
- Mare del Nord, Canale Manica (2006)
- Nord America, Hawaii (2012)
- Porto Rico, Isole Vergine USA (2014)

Nel futuro...

Mediterraneo, Alaska, Messico, Giappone, Australia, Singapore, Hong Kong...



Quadro normativo

Emissioni di SO_x

Le emissioni di SO_x da traffico marittimo sono:

- funzione diretta del **tenore di zolfo** del combustibile utilizzato, (indipendentemente dal processo di combustione utilizzato)
- controllate in tutti gli oli combustibili utilizzati a bordo

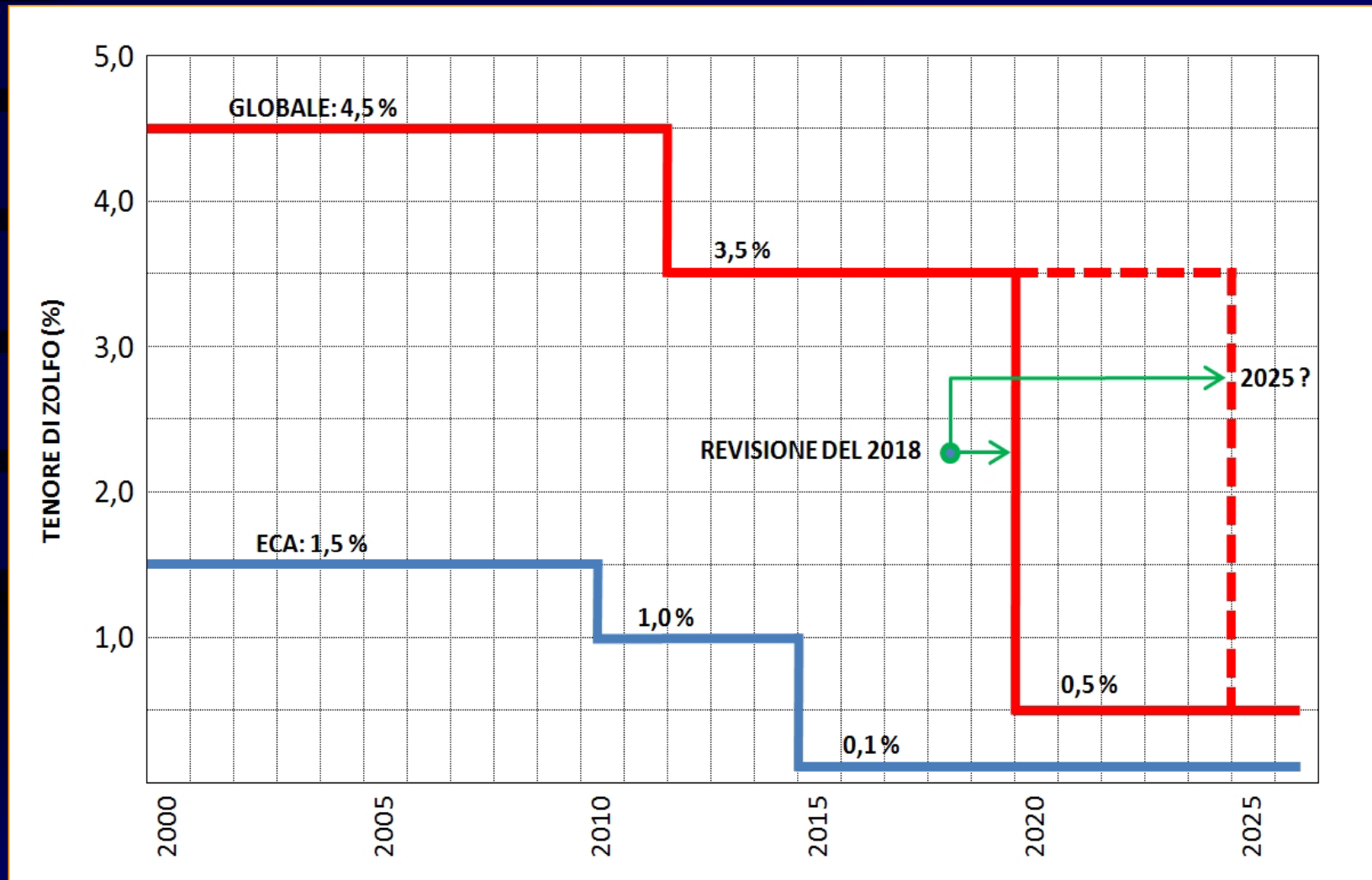


Lo **zolfo** è naturalmente presente in tutti i petroli greggi in misura maggiore (**HFO**) o minore (**MGO, MDO**)

Il controllo del tenore di zolfo nell'olio combustibile ha anche un effetto sulla riduzione della formazione di particolato (**PM**).

Quadro normativo

Emissioni di SO_x



Quadro normativo

Emissioni di NO_x

Le **emissioni di NO_x** dipendono in larga misura dai picchi di temperatura nel processo di combustione che causano la formazione di ossidi di azoto.

I limiti emissivi riguardano soltanto i **motori diesel** (che hanno temperature di picco relativamente elevate rispetto alle caldaie) mediante il controllo di componenti critici che influenzano gli NO_x.

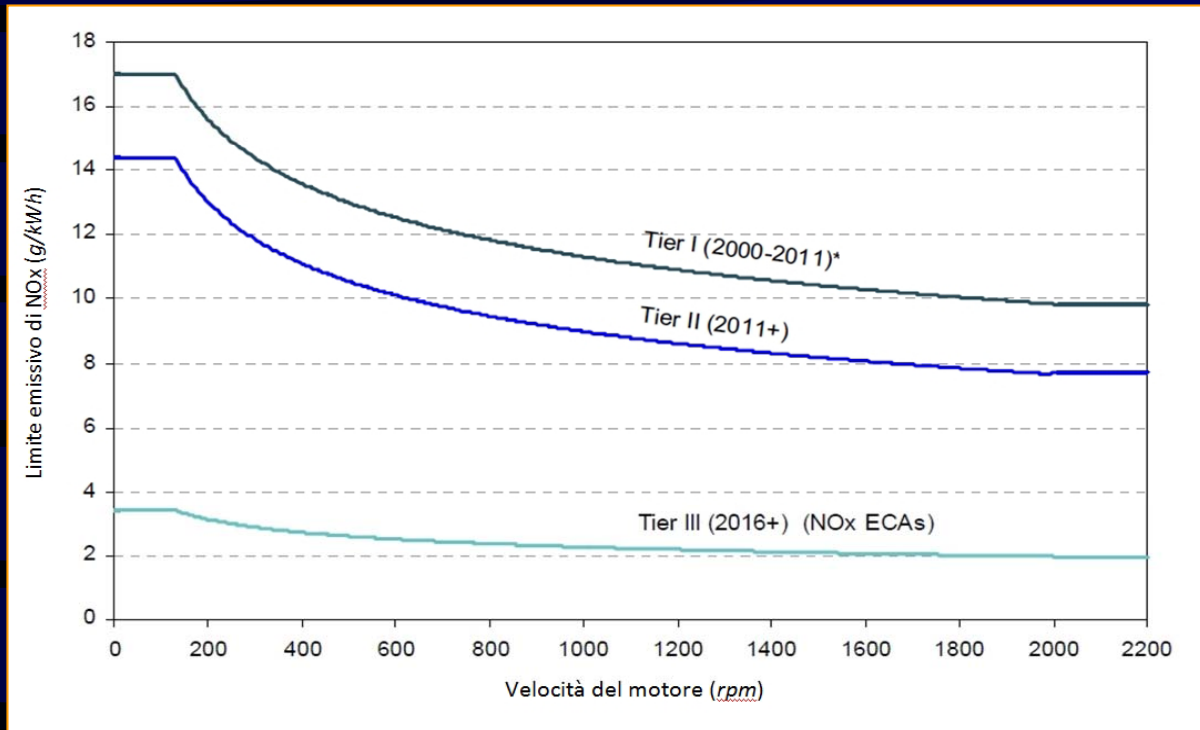
Introduzione di un **Codice Tecnico** riportante le procedure per la certificazione dei motori marini diesel che devono essere conformi ai limiti di emissione specificati espressi in **rpm** (potenza > 130 kW; motori > 1/1/2000; no motori emergenza)

Ispezioni periodiche (>400 TSL) e certificati di conformità **IAPP** e **EIAPP**

Scheda tecnica (componenti del motore, regolazioni, valori operativi)

Quadro normativo

Emissioni di NO_x



Tier I, Tier II
Validità globale

Tier III
ECA

Tier I baseline (scaduto)

Tier II -20% rispetto al Tier I

Tier III -75% rispetto al Tier II
(-80% rispetto al Tier I)

NO _x			
Standard	Data di installazione dei motori <i>diesel</i>	Velocità n del motore (rpm)	Limite emissivo di NO _x (g/kWh)
Tier I	Dal 01.01-2000 al 01.01.2011	$n < 130$	17
		$130 \leq n < 2.000$	$45 \cdot n^{-0,2}$
		$n \geq 2.000$	9,8
Tier II	Dopo il 01.01.2011	$n < 130$	14,4
		$130 \leq n < 2.000$	$44 \cdot n^{-0,23}$
		$n \geq 2.000$	7,7
Tier III	Dopo il 01.01.2016 (solo ECA)	$n < 130$	3,4
		$130 \leq n < 2.000$	$9 \cdot n^{-0,2}$
		$n \geq 2.000$	2

Quadro normativo

Emissioni di CO₂

L'**annesso VI** non ha preso inizialmente in considerazione le emissioni di **CO₂** da trasporto marittimo in modo esplicito.

Third IMO GHG Study (2014): settore trasporto marittimo internazionale

- **796** milioni di tonnellate di CO₂ (2012)
- **2,2%** delle emissioni totali di CO₂ (2012)
- Scenario previsionale: fattore di crescita **50-250%** (2050)

Emendamento Annesso VI ⇒ nuovo capitolo sull'**efficienza energetica** entrato in vigore l'**1/1/2013**:

- **EEDI** (Energy Efficiency Design Index) per le nuove navi
 - 10 % entro il 2020;
 - 20-30% tra 2025 e 2030⇒
 - 20 % entro il 2020;
 - 50% entro il 2050
- **SEEMP** (Ship Energy Efficiency Management Plan) per tutte le navi (misure operative, accorgimenti tecnici, buone pratiche)

Quadro normativo

Direttiva Europea 2012/33/UE

Coerentemente agli orientamenti internazionali, l'UE ha recepito le indicazioni della Marpol 73/78 con una serie di **direttive**

La direttiva **2012/33/UE** (21/11/2012) modifica e sostituisce le precedenti direttive 1999/32/CE e 2005/33/CE

Limite al tenore di zolfo **globale**

3,5 % fino al 1/1/2020

0,5 % dal 1/1/2020

fatti salvi i limiti più severi previsti per **fattispecie specifiche**:

- uso nelle ECA
- uso su navi passeggeri
- uso durante l'ormeggio
- messa in commercio di gasoli ed oli diesel

Quadro normativo

Direttiva Europea 2012/33/UE

Altri limiti al tenore di zolfo

ECA:	1,0 %	fino al 1/1/2015
	0,1 %	dopo il 1/1/2015

Navi passeggeri:	1,5 %	fino al 1/1/2020
------------------	-------	------------------

Navi all'ormeggio:	0,1 %	
--------------------	-------	--

Gasoli marini:	0,1 %	
----------------	-------	--

Quadro normativo

Decreto n. 112 del 2014

L'Italia ha recepito i contenuti della direttiva 2012/33/CE attraverso il **decreto legislativo n. 112** del 16/7/2014

(modifica il precedente decreto n. 152 del 2006, già contenente le disposizioni di trasposizione della direttiva 1999/32/CE e della sua direttiva di modifica, la 2005/33/CE)

Il decreto recepisce:

- **limiti emissivi**
- **obbligo di segnalazione** alla UE delle situazioni in cui vi sia il rischio di una significativa riduzione della disponibilità di combustibili a norma
- criterio di **esenzione di responsabilità** degli operatori per le situazioni in cui sia stato impossibile effettuare approvvigionamenti a norma (previa presentazione **rapporto**)

Il GNL come combustibile marittimo

Una possibile opzione tecnologica



Possibilità di un graduale abbandono del combustibile marittimo tradizionale a favore del GNL è un **opzione tecnologica**:

- fino a pochi anni fa “avveniristica”
- oggi forte potenziale di diffusione a medio termine

Depositi GNL: utilizzati già da svariati anni ma il loro uso in ambito marittimo sinora è stato limitato soprattutto ai mercati locali del Mar Baltico, del Mare del Nord e, in particolare, della Norvegia.

Fattori di spinta verso una strategia basata sul GNL in ambito marittimo:

- impatto della **legislazione** emergente sulle emissioni dovute al trasporto marittimo
- **evoluzione tecnologica**, dimensioni delle navi, congiuntura economica

Il GNL come combustibile marittimo

I benefici ambientali

Abbattimento delle emissioni degli inquinanti da trasporto marittimo.

L'uso del GNL nei motori marini, confrontato con HFO e MGO, permette di ridurre:

- emissioni di SO_x - 95%
- emissioni di NO_x - 90% (HFO); -80% (MGO)
- emissioni di PM - 90% (HFO); -50% (MGO)
- emissioni di CO_2 - 26% (HFO); -24% (MGO)
(riduzione che dipende dai livelli di efficienza energetica della motorizzazione)

Probabile aumento delle emissioni di CH_4

(perdite di gas in navigazione; carenza di dati; incertezza sui FE)

Il GNL come combustibile marittimo

Il ruolo della normativa ambientale

Fattore di cambiamento innescato da una **normativa ambientale** internazionale sempre più cogente

La progressiva riduzione dei limiti al tenore di zolfo sta stimolando la ricerca di soluzioni tecnologiche capaci di soddisfare i nuovi limiti evitando di incorrere nei **maggiori costi** dei combustibili a basso tenore di zolfo.

1° scadenza (1 gennaio 2015) già raggiunta.

(ECA: 1,0% \Rightarrow 0,1%)

obbligo di sostituire **HFO** con **MGO** a meno di soluzioni tecnologiche alternative

2° scadenza (1 gennaio 2020) ancora più “sfidante”

(globale: 3,5% \Rightarrow 0,5%)

aumento **costo** trasporto marittimo **40-50 %** a meno di soluzioni tecnologiche alternative

Il GNL come combustibile marittimo

Il ruolo della normativa ambientale

Ad oggi, le possibili strategie di conformità ai futuri requisiti della norma IMO al 2020:

1. utilizzare il gasolio marino **MGO** con tenore di zolfo inferiore allo 0,1% in massa (*compliant fuel*)
2. installare **impianti di desolforazione** dei fumi, per poter continuare ad usare il più economico olio combustibile HFO ad elevato tenore di zolfo
3. installare sistemi di stoccaggio del **GNL** e alimentare le navi con motori a gas naturale (anche come sistema duale).

Il GNL come combustibile marittimo

Il ruolo della normativa ambientale

Compliant fuel

- Costi di investimento praticamente nulli
- Combustibile più costoso del HFO (+50%)

Impianti di desolfurazione; GNL

- Ingenti costi di investimenti in tecnologie più complesse
- Combustibili meno costosi del MGO

benefici ambientali di strategie basate sull'investimento in nuove tecnologie sono generalmente più estesi di quelli strettamente richiesti dalla normativa

Tema “**caldo**”: tutti gli operatori dello **shipping** cominciano a sentire la necessità pressante di rispettare i limiti del 2020 in condizioni di **economicità gestionale e competitività**

Il GNL come combustibile marittimo

Approvvigionamento, rigassificazione e bunkeraggio

La filiera del GNL consiste in **quattro fasi** principali:

(1) Produzione; (2) Liquefazione; (3) Trasporto (4) **Rigassificazione**

Rigassificatore (**elemento chiave**): impianto industriale offshore o onshore

Il GNL ricevuto dalle navi metaniere viene trasferito ai serbatoi del terminal di rigassificazione dove viene riconvertito allo stato gassoso tramite un processo di riscaldamento controllato e quindi convogliato alla rete nazionale di trasporto del gas attraverso un metanodotto.

L'uso dei rigassificatori anche per le attività di stoccaggio e rifornimento di GNL dipende dalla tipologia di servizio e dalle caratteristiche dei terminal.

SSLNG (Small Scale LNG): uso del GNL direttamente in forma liquida (rispetto alla rigassificazione operata nei terminal dedicati e alla successiva immissione del prodotto gassoso nella rete di trasporto)

Il GNL come combustibile marittimo

Small Scale LNG – Bunkeraggio marittimo

L'uso del GNL come combustibile marittimo prevede modalità di rifornimento che presuppongono lo sviluppo di un sistema logistico di tipo SSLNG. Le diverse modalità di rifornimento del GNL per il trasporto marittimo (**bunkeraggio**) sono le seguenti:

- da **autobotte a nave** : flessibilità geografica, bassi investimenti necessari, solo imbarcazioni di piccole dimensioni (Civitavecchia)
- da **impianto a terra a nave**: rifornimento da un deposito di stoccaggio intermedio fisso collegato alla nave con linea criogenica o tubo; maggiore velocità di flusso di GNL, navi di grandi dimensioni
- da **nave a nave** (transhipment): si può realizzare direttamente in mare e senza entrare nel porto, in condizioni di mare calmo
- da **cisterne mobili** o ISO-container criogenici: depositi di stoccaggio mobili; sistema flessibili sia per quantità di GNL sia per la logistica

Il GNL come combustibile marittimo

La situazione logistica europea ed italiana

La filiera dello **SSLNG** si è particolarmente sviluppata in **Spagna**, **Norvegia**, **Regno Unito** e **Olanda**, ove si registra il più alto numero di impianti utilizzabili per attività di rifornimento su piccola scala.

Italia: ad oggi nessun terminale di rigassificazione italiano è in grado di fornire servizi di tipo SSLNG

3 rigassificatori già operanti:

- Rigassificatore offshore **Adriatic LNG** (alto Adriatico) con due serbatoi di stoccaggio del GNL della capacità di 125.000 m³ ciascuno
- Rigassificatore di **Panigaglia** (La Spezia) con due serbatoi a terra con una capacità di stoccaggio di 50.000 m³ ciascuno
- Rigassificatore offshore **OLT** (Livorno) a circa 20 km dalla costa con una capacità di circa 4 miliardi m³ all'anno

Il GNL come combustibile marittimo

Le potenzialità dei rigassificatori italiani

Gli impianti attualmente operanti sono stati progettati per capacità di stoccaggio e di rigassificazione molto elevate, senza prevedere l'**obiettivo ausiliario** di cedere una piccola parte della loro capacità di stoccaggio a navi feeder destinate ad approvvigionare i porti limitrofi.

Tuttavia la **vicinanza** di questi impianti a **porti** come Genova, La Spezia, Livorno, Venezia ed Ancona, rende per lo meno interessante l'opportunità economica di modifiche tecniche ed operative tali da offrire nuovi servizi.

L'adattamento di un rigassificatore per fornire anche lo stoccaggio e il rifornimento di GNL per mezzi navali, è possibile prevedendo determinate modifiche tecniche ed impiantistiche, con annessi costi per la realizzazione e gestione delle stesse, comunque generalmente inferiori ai costi che andrebbero sostenuti per la costruzione ex novo di impianti di importazione del GNL da dedicare all'approvvigionamento dei porti.

Il GNL come combustibile marittimo

Ammodernamento della flotta navale

Passare al GNL come combustibile marittimo è un'**operazione costosa** sia per navi di nuova produzione che per adattamenti in retrofit (modifica di nave già esistente, meno frequenti)

A parità di autonomia rispetto ai combustibili tradizionali il GNL comporta:

- **maggiori volumi** a bordo per i serbatoi di contenimento (3/4 volte)
- **maggiori pesi** per il sistema di stoccaggio e distribuzione (1,5 volte)

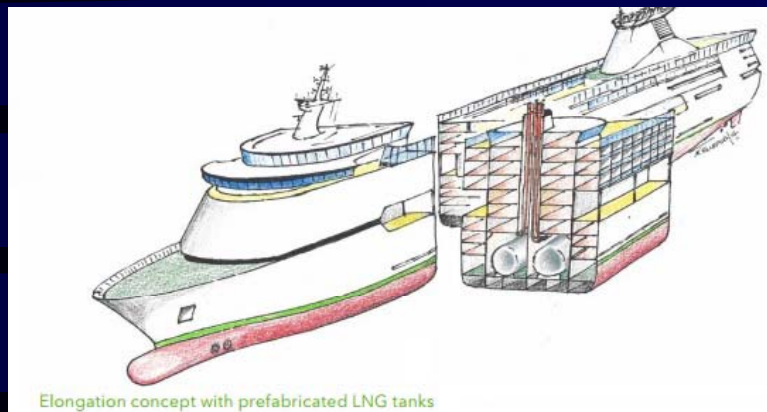
Le operazioni in **retrofit** sono tecnicamente più complesse (fermo di 2/3 mesi) e costose delle **nuove costruzioni**: un range di costo per trasformare un motore di taglia intorno ai 5 MW si attesta tra i 240-270 €/kW

E' necessario considerare **altri costi** per: gestione tecnica, procedurale (ispezioni, soste, ecc.), addestramento e formazione dell'equipaggio.

Tempi di ritorno dall'investimento: 36 / 60 mesi

Il GNL come combustibile marittimo

Ammodernamento della flotta navale



Sulle navi già alimentate con combustibili tradizionali gli **interventi di retrofit** evidenziano limiti tecnici ed economici per l'uso del GNL a causa della sottrazione dei volumi di carico precedenti

Sulle **nuove costruzioni** la possibilità di ottimizzare le sistemazioni dovrebbe permettere di ridurre al minimo l'incidenza sugli spazi, liberando il campo alle prospettive di risparmio a medio termine sui costi energetici offerte dal GNL.



Il GNL come combustibile marittimo

Il tema della sicurezza

L'incertezza sui **requisiti di sicurezza** nella progettazione e nella costruzione navale è uno degli attuali ostacoli all'uso del GNL

A livello internazionale:

Sicurezza per il trasporto del GNL **come carico** :

- Codice IGC già in vigore della IMO

Sicurezza per l'uso del GNL **come combustibile**:

- Solo linee guida provvisorie
- in attesa che l'IMO finalizzi un nuovo codice denominato IGF Code

È in corso un dibattito tecnico sulle regole riguardanti la **localizzazione in sicurezza** della cisterna GNL sulle navi

Tema delicato: le nuove regole per quanto riguarda collocazione in sicurezza dei serbatoi di GNL potrebbero richiedere un'occupazione dello spazio molto maggiore rispetto all'HFO pregiudicando la convenienza economica delle navi a GNL per gli utilizzatori.

Il GNL come combustibile marittimo

Lo sviluppo della domanda di navi a GNL

Nel 2012 la società norvegese **Det Norsk Veritas** (DNV) ha realizzato uno studio per analizzarne la domanda e l'offerta nel medio e lungo termine.

Nei prossimi anni tale studio prevede una **graduale e sostenuta crescita delle nuove costruzioni a GNL**, che potrebbero raggiungere il migliaio nel 2020

Questo sviluppo del mercato è spiegato sia dall'entrata in vigore nel 2015 dei limiti nelle ECA esistenti sia dalla probabile creazione di nuove ECA anche prima del 2020.

Questa dinamica della domanda potrebbe modificare profondamente l'assetto competitivo nella cantieristica navale a livello mondiale

Il GNL come combustibile marittimo

Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane

Autorità Portuale di Civitavecchia

L'Autorità Portuale il 16/5/2014 ha realizzato il **primo bunkeraggio** di GNL in un porto italiano

Sono stati attivati approfondimenti tecnici ed amministrativi finalizzati a rendere operativo il rifornimento di GNL nell'ambito del porto alle navi scalanti, nella prospettiva di una riduzione dell'impatto ambientale complessivo derivante dalla qualità dei fumi emessi

E' stata formalizzata la partecipazione dell'Autorità Portuale ad un progetto transnazionale mediterraneo (**GAINN**) sull'uso del GNL come combustibile marittimo e portuale.

Il GNL come combustibile marittimo

Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane

Autorità Portuale di Genova

L'Autorità Portuale ha preso parte al progetto **GAINN** come possibile risposta ai più stringenti requisiti in materia ambientale.

In particolare, l'Autorità Portuale prevede di sviluppare nell'ambito del progetto un deposito portuale di GNL di piccole dimensioni (circa 100 m³) e le relative opere impiantistiche, a supporto delle operazioni di approvvigionamento via bettolina e di rifornimento di navi e mezzi terrestri.

Il GNL come combustibile marittimo

Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane

Autorità Portuale di Livorno

L'Autorità Portuale, grazie ad un protocollo per l'innovazione sottoscritto con il MIT nel 2013, ha attivato progetti di livello internazionale legati al rifornimento, al deposito ed alle strutture di distribuzione del GNL:

GRENNCRANES: in cui è stato completato lo studio di fattibilità relativo alla realizzazione di infrastrutture di deposito/refuelling di GNL nel porto;

SEA TERMINAL: che prevede attività riferite al GNL sui temi relativi a: studio dell'impatto nel porto, valutazione del rischio, realizzazione di serbatoi atmosferici, alimentazione duale GNL/diesel delle gru per la movimentazione contenitori, stazione di rifornimento mobile

GAINN: che ha permesso di definire un piano strategico di investimenti e di servizi per il GNL

Il GNL come combustibile marittimo

Le iniziative di alcune Autorità Portuali italiane

Autorità Portuale di La Spezia

L'Autorità Portuale è impegnata nel progetto **GAINN**

Nell'ambito del programma europeo TEN-T Motorways of the sea, ha anche partecipato al progetto **COSTA II POSEIDON MED** che affronta le tematiche della sostenibilità ambientale e della promozione dell'uso di carburanti puliti alternativi nel settore del trasporto marittimo.

Obiettivo generale del progetto è analizzare la domanda futura in termini di navi alimentate a GNL che solcheranno il Mediterraneo ed un master plan che coinvolgerà Italia, Grecia e Cipro per la definizione delle infrastrutture necessarie a favorire l'uso del GNL nel trasporto marittimo.

In particolare, è stato sviluppato uno studio per la costruzione di una catena logistica alimentata a GNL.

Apparecchiature per il controllo delle emissioni

Applicazioni in ambito marittimo

L'utilizzo di apparecchiature per ridurre o eliminare la quantità di un determinato inquinante presente nei gas esausti prodotti da un processo di combustione di fossili, ha storicamente trovato applicazioni in molti contesti (industriale, chimico, ecc.), trovando più recentemente nel settore del **trasporto marittimo** un nuovo campo di applicazione.

Le emissioni di inquinanti dovute alla combustione dei motori navali diesel possono essere controllate grazie all'impiego di **appositi impianti** installati a bordo delle navi che permettono di abbattere le emissioni di SO_x , di NO_x e di materiale particolato.

In particolare, gli **impianti di desolfurazione**, oggi, costituiscono un'alternativa economicamente vantaggiosa rispetto all'uso del più costoso MGO, ed un'opzione tecnicamente valida rispetto all'uso del GNL, qualora questo non sia disponibile nella catena logistica di approvvigionamento oppure presenti difficoltà di utilizzo di natura tecnica.

Apparecchiature per il controllo delle emissioni

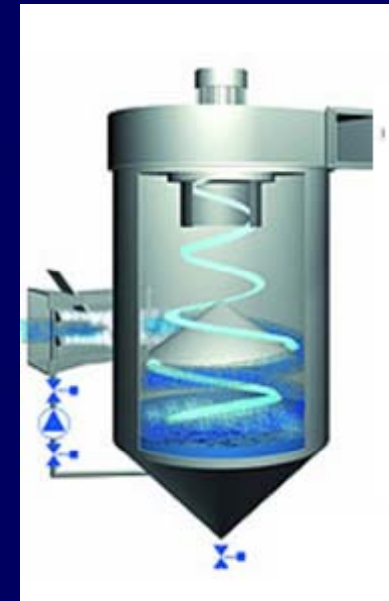
Wet scrubber il controllo delle emissioni di SO_x

Wet scrubber: i gas di scarico vengono fatti passare attraverso una **soluzione liquida** dove gli SO_x vengono trasformati in **solfati** ed eliminati.

Scrubber **a ciclo aperto** (sea water scrubbing o **SWS**): sfruttano l'alcalinità dell'acqua di mare e sono i sistemi più adatti alla navigazione in mare aperto.

Scrubber **a ciclo chiuso**: utilizzano una soluzione liquida ottenuta con soda caustica ed acqua dolce; garantiscono un consumo energetico leggermente inferiore rispetto ai SWS.

Scrubber **ibridi**: funzionano sia in circuito aperto che in circuito chiuso (particolarmente adatti a navi che richiedano massima flessibilità operativa).



Apparecchiature per il controllo delle emissioni

Wet scrubber il controllo delle emissioni di SO_x

L'efficienza un **wet scrubber**, oltre che dalle caratteristiche termodinamiche, chimiche e granulometriche della soluzione liquida utilizzata e dalla composizione del gas di scarico, dipende anche dalle **dimensioni** dello scrubber.

Pur essendo i fenomeni reattivi considerabili come istantanei, un **adeguato tempo di permanenza** dei gas e dell'acqua è un requisito fondamentale per un funzionamento soddisfacente dello scrubber.

Per questo motivo, i wet scrubber sono **piuttosto ingombranti**, le dimensioni delle torri di lavaggio possono arrivare **fino a 6 metri** e la loro collocazione nell'impianto di bordo è un aspetto ancora da discutere con chiarezza in tutti i suoi aspetti

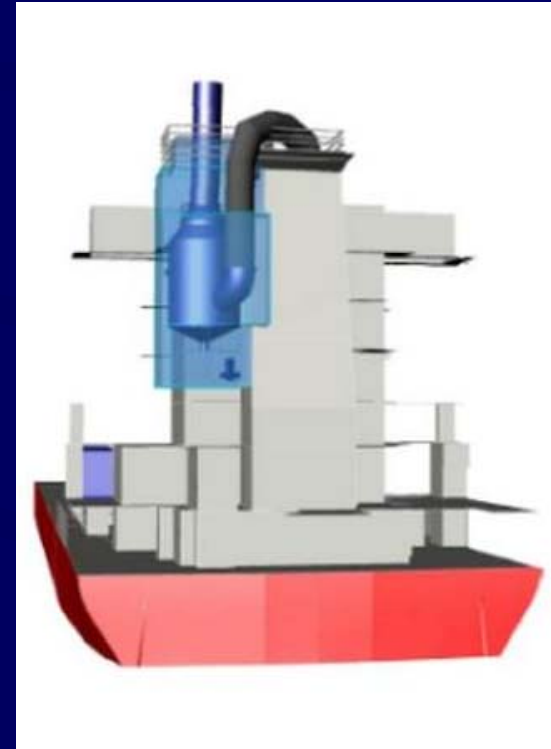
Apparecchiature per il controllo delle emissioni

Dry scrubber il controllo delle emissioni di SO_x

Dry scrubber: soluzioni di reagenti alcalini (calce spenta) vengono nebulizzate nella corrente di gas esausti al fine di far ossidare gli SO_x a solfato. La componente acquosa nello scrubber evapora e i prodotti della reazione vengono rimossi sotto forma di polvere secca.

E' possibile utilizzare **additivi** per il combustibile così che, durante la combustione, vengano a formarsi solfati inerti (solfato di calcio) che a seguito di trattamenti di post-combustione possano essere rimossi dalla corrente.

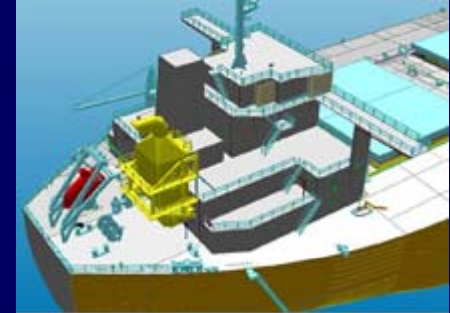
E' possibile miscelare i gas di scarico con **composti di calcio** cosicché gli SO_x vengano convertiti in solfato di calcio.



Apparecchiature per il controllo delle emissioni

Catalizzatori riducenti per il controllo delle emissioni di NO_x

La **progettazione dei motori** rappresenta l'approccio primario considerato dall'annesso VI per ridurre le emissioni di NO_x dovute al trasporto marittimo.



Tuttavia, stante i limiti emissivi sempre più stringenti, per ridurre ulteriormente le emissioni degli NO_x è possibile ricorrere a metodi basati sulla **riduzione catalitica selettiva (SCR)**.

I gas di scarico, mescolati con un reagente (ammoniaca) e passando attraverso un catalizzatore, subiscono una scomposizione degli NO_x in essi contenuti in azoto molecolare (N_2), acqua ed ossigeno molecolare (O_2).

La SCR è stata sinora principalmente per i **motori ausiliari**

Apparecchiature per il controllo delle emissioni

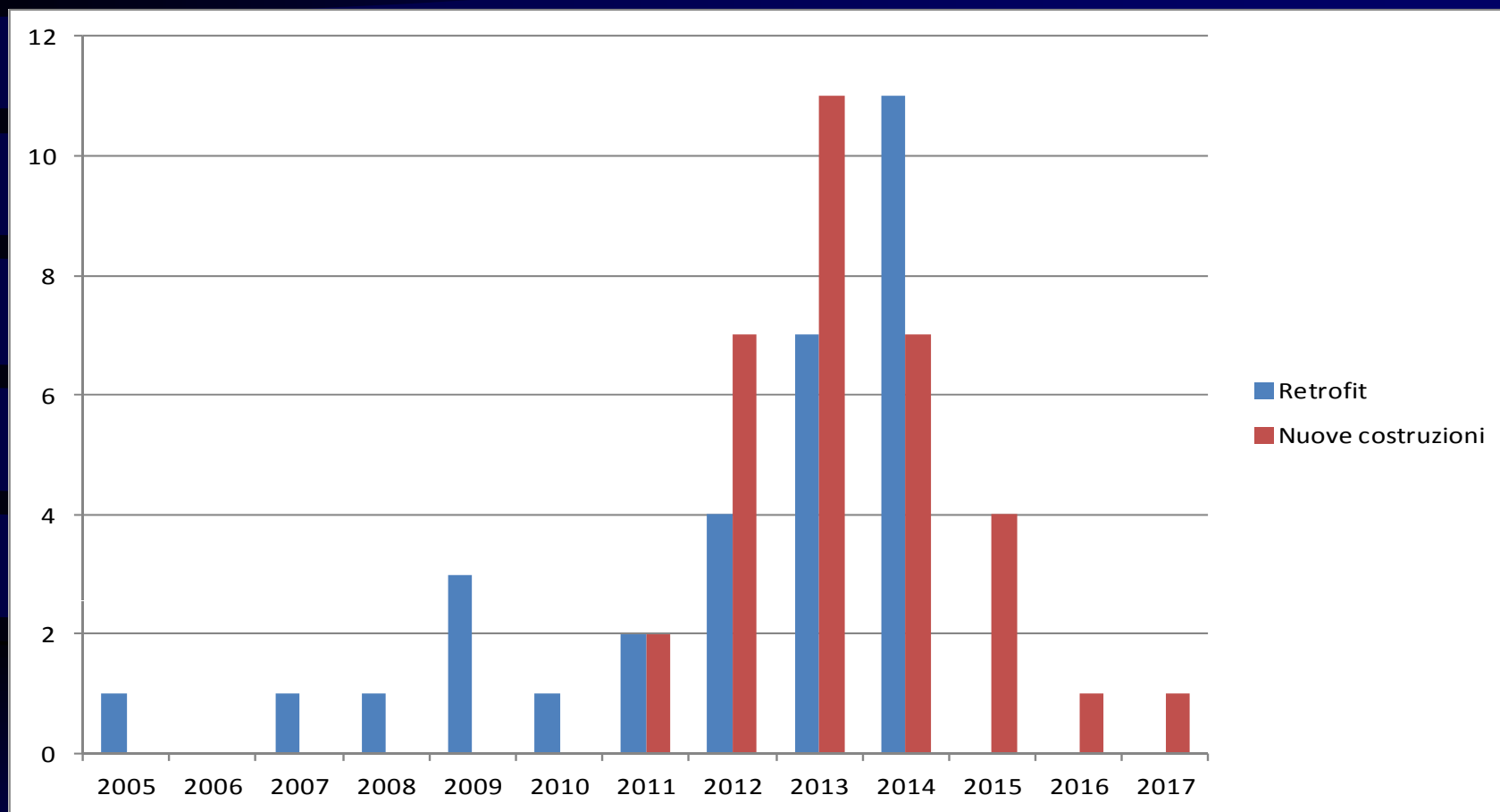
Strategia di conformità basata sui sistemi di controllo delle emissioni

Così come per l'alimentazione navale a GNL, l'utilizzo degli impianti di scrubbing e di SCR rispetto all'utilizzo del MGO, richiede un **investimento iniziale** più ingente garantendo, però, costi operativi decisamente più bassi.

In particolare, l'opzione dell'abbattimento a valle delle emissioni inquinanti di SO_x tramite l'installazione a bordo di impianti di desolfurazione, consentendo di fatto alle navi di **continuare a rifornirsi di HFO**, garantirebbe un notevole risparmio economico da un punto di vista gestionale, ed è certamente un strategia in lizza per assicurare il rispetto della normativa IMO.

Apparecchiature per il controllo delle emissioni

Installazioni di scrubber (European Shortsea Network, 2013)



In **crescita** le installazioni di scrubber tanto su navi esistenti quanto su nuove costruzioni, anche se con valori assoluti ancora molto contenuti