

T.1.3.1 Rapporto e analisi diagnostica per la conversione GNL dei mezzi esistenti (mezzi portuali, imbarcazioni, pescherecci)

Gennaio/2020

Università degli Studi di Pisa – DESTEC
(Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei
Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni)

1. Introduzione

Le prospettive di sviluppo dell'uso del gas naturale liquefatto (GNL) come combustibile marittimo, per gli usi ancillari nei porti oltre che per la logistica nel Mediterraneo Nord-Occidentale dipendono in gran parte dalle più generali prospettive di sviluppo del traffico marittimo dell'intero bacino, soprattutto dopo il raddoppio del canale di Suez. Pesa poi l'andamento dei prezzi del GNL nel confronto con i combustibili concorrenti e dalle politiche ambientali mondiali, europee e dei paesi rivieraschi. Rilevanti sono infine le scelte dei trasportatori marittimi e terrestri che tengono conto, e in alcuni casi soprattutto, dell'evoluzione della sensibilità ecologica dei clienti.

In un contesto globale di forte evoluzione dei sistemi trasportistici nell'ambito della cosiddetta "transizione energetica", con le incertezze che essa comporta, diventa essenziale la disponibilità di infrastrutture di approvvigionamento coerenti tecnicamente e temporalmente con l'arrivo delle imbarcazioni da approvvigionare. Trattandosi prevalentemente di scelte di investimento private, non è semplice far procedere di pari passo lo sviluppo delle infrastrutture di alimentazione dei mezzi con la penetrazione dei mezzi stessi, soprattutto in un continente articolato come l'Europa.

Nonostante gli sforzi e le normative, oltre che i finanziamenti, messi in campo dall'Unione Europea pesanti sfasature sono ancora presenti sia per il settore del trasporto marittimo sia per quello terrestre. Ciò nonostante il grande potenziale vantaggio del GNL rispetto ai combustibili concorrenti di derivazione petrolifera, segmentati per ambiti di impiego, mentre il metano liquido può essere utilizzabile tal quale per ogni tipologia di mezzi di trasporto (navi, camion, treni, altro). La pluralità di impegni aumenta la domanda relativa che facilita il rientro dell'investimento.

I noti vantaggi ambientali del GNL (significativa riduzione di CO₂, NO_x, eliminazione di poveri sottili e ossidi di zolfo), non scalfiti dall'essere il CH₄ comunque un elemento fossile con temporaneo impatto climalterante, sono rafforzati oggi dall'evoluzione tecnologica (bioGNL, metanazione, miscelazione con idrogeno prodotto con le fonti

rinnovabili e sottrazione di CO2 dall'ambiente) e della sensibilità sociale verso l'economia circolare, il superamento della petrolchimica da petrolio, la sostituzione della plastica con prodotti analoghi biodegradabili.

Il Mar Mediterraneo, ed in particolare l'area che va dal Golfo di Suez allo Stretto di Gibilterra, sopporta già oggi il maggior traffico marittimo mondiale, circa il 20%, ed è anche la regione di cui si prevede il maggior sviluppo demografico, nel confronto con l'Europa centro settentrionale, dove la popolazione è prevista stagnante. L'ordinato e sostenibile sviluppo economico delle aree meno progredite della Regione Mediterranea investe in pieno le responsabilità dei Paesi della Sponda Nord.

In questa prospettiva il GNL può e deve svolgere un ruolo importante nel bypassare – o almeno limitare al massimo - la fase storica dell'industria petrolifera, nella prospettiva della transizione dal gas naturale all'idrogeno e/o alla produzione elettrica da fonti rinnovabili. La "rete neurale" della regione mediterranea sono i suoi porti e per questo la loro trasformazione-evoluzione nel senso dell'efficienza energetica e della riduzione del loro impatto ambientale, iniziando con la diffusione del GNL in tutti gli usi possibili, costituisce uno degli obiettivi più rilevanti delle politiche europee per la regione, di cui il progetto Interreg PROMOGNL è parte rilevante.

Gli ultimi a promuovere l'uso del GNL per i trasporti nel Mediterraneo sono stati in ordine di tempo i primi ministri di Francia, Spagna, Italia, Portogallo, Grecia, Cipro e Malta, riunitisi lo scorso 14 giugno a Malta per il sesto incontro "South EU Summit" (paesi SEUS) dei Paesi dell'Europa del Sud. La "Dichiarazione de La Valletta", che ha concluso i lavori, conferma l'impegno per la cooperazione regionale sulla promozione di carburanti alternativi, in particolare l'uso del GNL per la produzione di energia, i trasporti e per migliorare le prestazioni ambientali di questi settori.

La Dichiarazione riconosce il potenziale e le sfide delle isole dell'UE nel settore dell'energia e la necessità di sostenere soluzioni su misura e l'impegno a garantire che nessuno Stato membro rimanga isolato dalle reti elettriche e del gas dell'UE.

Questi gli impegni sull'energia nell'ambito della lotta congiunta contro gli effetti dell'accelerazione dei cambiamenti climatici nel bacino del Mediterraneo, intensificando i lavori sulla strategia climatica dell'UE, tenendo conto delle specificità regionali, al fine di attuare gli obiettivi dell'accordo di Parigi.

Riaffermato l'impegno per l'obiettivo della neutralità climatica, che dovrebbe essere raggiunto entro il 2050, tenendo conto delle diverse specificità nazionali. Ribadito l'impegno a continuare a sostenere il ruolo dell'UE come attore globale leader nell'attuazione dell'Agenda 2030.

La dichiarazione non ha mancato di sottolineare come un'Africa prospera sia la chiave per la stabilità della regione mediterranea e dell'Unione europea nel suo insieme. Sosteniamo pienamente l'Alleanza UE-Africa come un modo per rafforzare il nostro partenariato. Ci impegniamo a massimizzare il potenziale del piano di investimenti esterni dell'UE per contribuire alla trasformazione socioeconomica dell'Africa, in particolare attraverso l'istruzione, la sanità, le infrastrutture, l'innovazione, la digitalizzazione e l'emancipazione delle donne.

Impatto ambientale del trasporto marittimo Raccomandazioni

Direttiva zolfo

Traffico marittimo mondiale e mediterraneo

Come rilevato nel sesto rapporto annuale “Italian Maritime Economy” per il 2019 del centro studi RSM di Napoli, la “guerra” dei dazi tra Stati Uniti e Cina inizia a manifestare i propri effetti. Nel 2018 la crescita del commercio marittimo è rallentata, rilevando un più 3,1% sull'anno precedente, mentre nel 2017 la crescita fu più sostenuta con un più 4,2%. Gli scambi hanno toccato 10,7 miliardi di tonnellate. Nel complesso, le previsioni per il commercio marittimo sono comunque positive, con un tasso di crescita previsto in media annuale del 3,8% tra il 2019 e il 2023 (tra il 2005 e il 2017 è aumentato ad un tasso medio del 3,5%).

Per quanto riguarda le merci trasportate, poco meno del 30% riguarda le rinfuse liquide, quali gas, greggio e derivati del petrolio (nel 1995 tale quota era del 44%), il 53,5% è costituito da rinfuse solide e il 17% è inerente al trasporto su navi container (quota più che raddoppiata rispetto al 1995). Le economie emergenti continuano a rappresentare la parte più significativa del trasporto marittimo, in particolare l'Asia rappresenta il 42% dell'export e il 61% dell'import.

La quota del trasporto di container, in termini di tonnellate, è passata dall'8% del 1995 al 17% del 2017; in termini di valore, questo segmento pesa molto di più perché vale il 60% del commercio marittimo globale, che nel 2017 è stato pari a circa 12 trilioni di dollari.

In linea con l'andamento del trasporto marittimo complessivo, l'Asia domina l'attività di movimentazione di container, rappresentando quasi i due terzi degli scambi mondiali. Circa 240 milioni di TEU (unità di misura dei container, corrispondenti a circa

40 metri cubi) sui 752,2 milioni movimentati nel mondo che sono stati registrati in Cina, Hong Kong e Taiwan.

Le previsioni dell'UNCTAD, l'Agencia dell'ONU per lo sviluppo e il commercio, lasciano pensare che il container sarà il segmento che nel quinquennio 2018-2023 registrerà la crescita maggiore: +6,4% rispetto al 3% medio del trasporto marittimo complessivo. Altri analisti di settore stimano che nel 2019 il trasporto containerizzato aumenterà in misura più moderata, del 4%. Si tratta comunque di una crescita importante perché corrisponde a circa 30 milioni di TEU aggiuntivi a livello globale.

La crescita degli scambi in container si è rafforzata su tutte le principali rotte commerciali Est- Ovest, ovvero l'Asia- Europa, la Trans-Pacifica e la Transatlantica.

Complessivamente, la rotta transpacifica è rimasta la più trafficata, con volumi totali che raggiungono 27,6 milioni di TEU, seguiti da 24,7 milioni di TEU sulla rotta Asia Europa e 8,1 milioni di TEU sulla rotta transatlantica. I volumi sulla rotta transpacifica sono aumentati del 3,8%, quelli sulla rotta transatlantica (in direzione est e ovest) sono aumentati del 6,6%, mentre i flussi Asia-Europa in entrambe le direzioni, del 2,9%.

Come effetto della guerra commerciale tra Stati Uniti e Cina, le esportazioni containerizzate totali dalla Cina verso gli Stati Uniti sono diminuite dell'8,2% nel I° trimestre del 2019. I volumi hanno rallentato considerevolmente dopo il boom di fine 2018 quando le merci sono state caricate in anticipo sulle navi per ovviare all'aumento delle tariffe previsto, facendo così registrare un +19,1% nel 4° trimestre 2018.

Le stime dicono che un'ulteriore escalation della Trade war USA-Cina, compresa la potenziale imposizione di nuove tariffe su circa 300 miliardi di dollari delle esportazioni cinesi verso gli Stati Uniti entro la fine del 2019, potrebbe comportare una riduzione dei volumi transpacifici in direzione Est di un ulteriore 8%.

L'era del gigantismo proseguirà anche in futuro. Nei prossimi tre anni, nella fascia 10,000- 23,000 TEU verranno inaugurate 133 nuove navi e 45 di queste saranno nella fascia 18,000- 23,000. Il fenomeno non riguarda solo le navi container ma anche il Ro Ro; negli ultimi 10 anni la dimensione media delle navi Car-Carrier (auto nuove) è cresciuta del 20%.

Forte è anche la tendenza alla concentrazione delle rotte: nel 1998 i primi 4 operatori detenevano quasi il 20% del mercato mondiale, nel 2018 tale percentuale è salita al 57-58%. Se invece consideriamo i primi 10 il dato passa dal 40% del 1998 a oltre l'80% nel 2018.

Nelle rotte Asia – Nord Europa e Asia – Med le tre alleanze navali (2M, Ocean e THE) detengono quasi il 100% della capacità di stiva. La quota dei terminal controllati dai carrier marittimi è passata dal 18% del 2001 al 38% nel 2016. 2M e Ocean Alliance hanno entrambe un” portafoglio” costituito da circa 90 terminal con una capacità di 50 milioni di TEU.

Il Mediterraneo rappresenta una via privilegiata di transito per i traffici marittimi mondiali, mettendo in collegamento le aree asio-pacifiche, del Golfo Persico e dell’Africa orientale con quello atlantico e nord europeo, oltre al traffico generato al suo interno. Il 20% dello shipping mondiale si svolge nel Mediterraneo con la tendenza alla crescita. Centrale per i traffici di container con il 27% dei 487 servizi di linea mondiali ed è un’area molto significativa anche per i traffici a corto raggio, in direzione Nord Sud in particolare in modalità Ro-Ro.

Il Canale di Suez si conferma uno snodo strategico per i traffici marittimi mondiali mercantili; il 9-10% del commercio internazionale del globo utilizza questa grande via di passaggio. La crescita delle merci in transito registra valori importanti, confermata anche nel 2018, anno in cui è stato segnato il doppio record, in termini di numero di navi (oltre 18 mila, +3,6%) e di cargo trasportato (983,4 milioni di tonnellate +8,2%).

Il nuovo record è stato stabilito grazie alle merci sulle navi in direzione da Nord verso Sud, che sono ammontate a 524,6 milioni di tonnellate (+9,8%), mentre da Sud a Nord, che si sono attestate a 458,8 milioni di tonnellate (+6,6%).

Grazie all’allargamento del 2015, già nel 2018 la dimensione media delle navi che hanno attraversato il Canale è cresciuta del 12% (le navi container del 24%) rispetto al 2014, evidenziando che la nuova infrastruttura sta assecondando le esigenze del gigantismo, fenomeno che riguarda tutte le tipologie di naviglio. Il 2019 sta confermando queste tendenze. Nei primi 5 mesi dell’anno il canale è stato attraversato da un totale di oltre 7.600 navi, con un incremento del +5,2% sullo stesso periodo del 2018. Esse hanno trasportato circa 420 milioni di tonnellate di merci, in aumento del 7,4% sul 2018.

Il Canale di Suez si conferma inoltre la terza rotta al mondo per il trasporto di petrolio e gas naturale che partono dal Golfo verso l’Europa e il Nord America. Queste due rotte rappresentano circa il 9% del commercio mondiale di petrolio via mare. Nel 2018, il petrolio greggio (compresi i prodotti derivati) e il gas naturale liquefatto rappresentano rispettivamente il 24% e 3% delle merci in transito.

L’andamento dei traffici mostra, inoltre, che il raddoppio del Canale sta gradualmente cambiando gli assetti mondiali del trasporto marittimo soprattutto lungo la rotta Est-Ovest; negli ultimi 11 anni il traffico dal Sud Est Asiatico verso il Mediterraneo è

aumentato del 37%, dato che va letto insieme alla crescita del traffico da e verso il Golfo (+77%). Secondo il Liner Shipping Connectivity Index dell'UNCTAD gli scali del Sud Mediterraneo (Nordafrica e Turchia) dal 2004 ad oggi hanno notevolmente ridotto il gap competitivo con i porti del Nord Mediterraneo. L'indicatore riporta un divario che nel 2004 era appunto di 26 punti ed oggi solo di 8.

Sulla crescita del traffico marittimo mondiale stanno incidendo sempre di più le nuove tecnologie come la digitalizzazione che investe e sia le navi che le operazioni di movimentazione e la gestione dei porti. Per digitalizzazione si intende, in termini generali, una combinazione di tecnologie e l'industria del trasporto marittimo le sta utilizzando in modo crescente per migliorare sistemi e processi.

Come riportato dall'UNCTAD, la tecnologia potrebbe consentire nel medio lungo termine un risparmio di 300 dollari in costi di sdoganamento per ogni consegna e quindi potrebbe potenzialmente generare \$ 5,4 milioni di risparmi sul carico di una nave che ha una capacità di 18.000 TEU (considerando che l'intero carico possa essere da sdoganare).

Altre tecnologie rilevanti per il commercio marittimo comprendono la robotica, l'intelligenza artificiale e la produzione additiva o la stampa tridimensionale che possono facilitare la produzione regionalizzata e sostituire la manodopera a basso costo.

Disponibilità GNL

Impatto ambientale dei porti CLIMEPORT

Tra il 2007 e il 2013 si è sviluppato, nell'ambito del Programma MED dell'Unione Europea, il progetto CLIMEPORT (Mediterranean Ports' Contribution to Climate Change Mitigation- Contributo dei Porti Mediterranei alla Mitigazione del Cambiamento Climatico) coordinato dall'Autorità portuale di Valencia con partner l'Autorità Portuale di Livorno, l'Autorità Portuale di Algeciras Bay, l'Autorità Portuale di Marsiglia, l'Autorità Portuale del Pireo, il Porto di Capodistria, l'ITE (Istituto Tecnico Elettrico di Valencia), l'Agenzia Regionale dell'Energia Valenciana, l'Agenzia dell'Energia locale di Goriska (Slovenia).

Il Progetto, cofinanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale, aveva come obiettivo generale la valutazione dell'impatto ambientale dei porti del Mediterraneo sui cambiamenti climatici e l'analisi delle possibilità di allineamento alle politiche europee e nazionali in materia. Previsti anche studi e analisi su eventuali piani di azione incentrati sulle attività critiche che riguardano l'ambiente e la società, la

valutazione dei costi e dei benefici derivanti dai piani d'azione adottati; lo studio delle tecnologie più avanzate e lo sviluppo di iniziative pilota per sistemi energetici efficienti; la diffusione dei risultati raggiunti.

Per lo svolgimento del Progetto i vari soggetti coinvolti hanno sviluppato una valutazione dettagliata della situazione dei porti in relazione alle sorgenti specifiche di gas climalteranti, alle loro caratteristiche nonché alle condizioni nelle quali operano. Allo scopo si è ritenuto necessario prendere in considerazione: le operazioni svolte nei vari terminal; i trasporti terrestri interni al porto; le attività industriali e logistiche; la generazione di energia in ambito portuale; le misure di efficienza energetica già adottate; il consumo di risorse; la generazione di rifiuti e loro trattamento.

Lo sviluppo del progetto è stato valutato molto utile perché ha avviato un'ampia riflessione da parte delle istituzioni e degli operatori portuali sull'impatto ambientale delle attività portuali, non limitata alle emissioni delle navi, e sulla difficoltà della loro misurazione. Il principale risultato è stata l'identificazione di tutta una serie di parametri e indicatori per la messa a punto di un metodo di valutazione della "Carbon Footprint" specificamente sviluppato per i porti, che ha portato alla emanazione delle norme UNI ISO 14064.

GREENBERTH

Terminato il Progetto CLIMEPORT è stato lanciato un successivo Progetto MED denominato GREENBERTH con l'obiettivo di promuovere più specificatamente l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili nei porti, nonché l'accesso delle PMI al settore energetico delle comunità portuali. Anche questo Progetto ha avuto come capofila l'Autorità portuale di Valencia e come partner il Grand Port Maritime de Marseille, l'Autorità portuale di Livorno, l'Autorità portuale di Venezia, il Porto di Capodistria, l'Autorità Portuale di Rijeka (Fiume) e come partner tecnici la fondazione Port Institute of Studies and Cooperation of the Valencian Community (FEPORTS), il Center for Research and Technology Hellas / Hellenic Institute of Transport (CERTH / HIT) e l'Università di Cadice.

Il Progetto ha avuto come principale obiettivo lo svolgimento di specifici progetti e il successivo scambio di esperienze e informazioni, con particolare attenzione all'interazione tra le Istituzioni preposte al coordinamento delle attività portuali, canalizzando la partecipazione comune delle PMI impegnate in ambito energetico e ambientale e dei grandi operatori portuali, trasferendo conoscenze e capacità sulla gestione, il controllo e la manutenzione delle soluzioni di efficienza energetica.

Ad esempio, in occasione del Congresso internazionale "Energia e ambiente 2014 - nuove tecnologie in ingegneria energetica e protezione ambientale", tenutosi a Opatija (Croazia) dal 21 al 24 ottobre 2014, l'autorità portuale di Venezia ha illustrato i risultati di efficienza energetica sulla mobilità dei passeggeri nel settore delle crociere; il porto di Capodistria ha esposto gli obiettivi di ambientalizzazione delle attività portuali; l'Autorità portuale di Rijeka - Fiume ha illustrato le misure relative all'utilizzo dell'energia solare; l'Autorità portuale di Valencia ha infine presentato risultati tangibili su terminali intelligenti, efficienti dal punto di vista energetico e adattabili al settore marittimo.

Impegno UE per trasporti sostenibili

I progetti europei sull'impatto ambientale dei porti e la possibilità di renderli più efficienti anche grazie all'uso delle tecniche di efficienza energetica, delle energie rinnovabili e del GNL, si sono sviluppati nell'ambito e in contemporanea della pubblicazione da parte dell'Unione Europea di una serie di studi e raccomandazioni per indirizzare lo sviluppo del Continente verso una crescita sostenibile, con particolare impegno nel settore dei trasporti, identificato tra quelli a maggiore impatto climalterante.

Alla comunicazione del 3 marzo 2010 intitolata «Europa 2020: una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva», con la quale la Commissione Europea ha illustrato misure per migliorare la competitività e garantire la sicurezza energetica, è seguito il Libro bianco del 28 marzo 2011 intitolato "Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti -Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile" con il quale esortava gli Stati nazionali a ridurre la dipendenza dal petrolio nel settore dei trasporti.

Per il Libro Bianco era necessario conseguire tale obiettivo attraverso una serie di iniziative strategiche, inclusa l'elaborazione di una strategia sostenibile per i combustibili alternativi e la relativa infrastruttura. Il documento proponeva una riduzione del 60 % rispetto ai livelli del 1990 delle emissioni di gas serra nel settore dei trasporti, da conseguire entro il 2050. Nel frattempo la direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, per lo sviluppo delle fonti rinnovabili, aveva fissato un obiettivo del 10 % per la quota di mercato delle energie rinnovabili presenti nei combustibili per il trasporto.

Sulla base della consultazione delle parti interessate e degli esperti nazionali e delle competenze acquisite, confluite nella comunicazione della Commissione del 24 gennaio 2013, intitolata «Energia pulita per il trasporto, una strategia europea in

materia di combustibili alternativi», l'elettricità, l'idrogeno, i biocarburanti, il gas naturale e il gas di petrolio liquefatto furono identificati come i principali combustibili alternativi con potenzialità di lungo termine in termini di alternativa al petrolio, anche alla luce del loro possibile utilizzo simultaneo e combinato mediante, ad esempio, sistemi che impiegano la tecnologia a doppia alimentazione.

Il 6 giugno 2012 la relazione del gruppo di alto livello CARS 21 aveva indicato la mancanza di un'infrastruttura per i combustibili alternativi armonizzata a livello dell'Unione il principale ostacolo all'introduzione sul mercato di veicoli alimentati con combustibili alternativi e ne ritarda i benefici per l'ambiente. Nella comunicazione finale dell'8 novembre 2012, intitolata

«CARS 2020: piano d'azione per un'industria automobilistica competitiva e sostenibile in Europa», la Commissione ha fatto proprie le principali raccomandazioni del gruppo di alto livello e ha presentato un piano d'azione basato su di esse.

Direttiva DAFI

Si è così giunti alla Direttiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014

sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi (DAFI in sigla) come principale azione dell'Unione per evitare la frammentazione del mercato interno dovuta all'introduzione non coordinata sul mercato di combustibili alternativi.

Il coordinamento dei quadri strategici previsti dalla Direttiva avrebbe dovuto garantire la sicurezza a lungo termine necessaria per favorire gli investimenti pubblici e privati nelle tecnologie dei veicoli e dei carburanti e per la costruzione dell'infrastruttura, al fine di perseguire il duplice obiettivo di rendere minima la dipendenza dal petrolio e attenuare l'impatto ambientale dei trasporti.

Agli stati membri è stato chiesto di elaborare quadri strategici nazionali in cui illustrano i propri obiettivi nazionali e le relative azioni di supporto, in materia di sviluppo del mercato per quanto riguarda i combustibili alternativi, compreso lo sviluppo della necessaria infrastruttura da realizzare, in stretta collaborazione con le autorità comunitarie.

La direttiva DAFI trovava supporto sugli orientamenti della Rete transeuropea di trasporto (TEN-T) i cui orientamenti prescrivevano, in relazione alle nuove tecnologie e innovazioni, di consentire la decarbonizzazione di tutti i modi di trasporto attraverso

l'efficienza energetica e l'introduzione di sistemi di propulsione alternativi e la fornitura dell'infrastruttura corrispondente. Gli orientamenti TEN-T prescrivevano inoltre che i porti interni e marittimi, gli aeroporti e le strade della rete centrale (stabiliti dal regolamento (UE) n. 1315/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio "Rete centrale TEN-T") dovessero rendere disponibili i combustibili alternativi.

Il Connecting Europe Facility (CEF) è lo strumento di finanziamento per realizzare la politica europea delle infrastrutture di trasporto e mira a sostenere gli investimenti nella costruzione di nuove infrastrutture o nel ripristino e nel potenziamento di quelle esistenti a supporto della TEN-T. Sono state rese disponibili così anche le risorse per le nuove tecnologie e innovazioni, compresa l'infrastruttura per combustibili puliti alternativi.

L'assenza di uno sviluppo armonizzato dell'infrastruttura per i combustibili alternativi nell'Unione impedisce la realizzazione di economie di scala sul versante dell'offerta e la mobilità diffusa all'interno dell'UE sul versante della domanda. È necessario costruire nuove reti infrastrutturali, ad esempio per l'elettricità, il gas naturale, gas naturale liquefatto (GNL) e gas naturale compresso (GNC) ed eventualmente dell'idrogeno.

La DAFI considera il GNL un combustibile alternativo attraente per consentire alle navi di soddisfare i requisiti di riduzione del tenore di zolfo nei combustibili per uso marittimo nelle zone di controllo delle emissioni di SO_x, che interessano la metà delle navi che operano nel trasporto marittimo europeo a corto raggio, come stabilito dalla direttiva 2012/33/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sul tenore di zolfo dei combustibili marittimi.

La Direttiva ha quindi prescritto che entro la fine rispettivamente del 2025 e del 2030 sia disponibile una rete di punti di rifornimento per il GNL per le navi che operano nei porti marittimi e nei porti della navigazione interna. I punti di rifornimento per il GNL devono includere, fra l'altro, terminali, serbatoi e container mobili di GNL nonché navi e chiatte cisterna. L'obiettivo di creare una rete centrale non dovrebbe tuttavia escludere che il GNL sia disponibile, in una prospettiva di lungo termine, anche in porti al di fuori di tale rete, in particolare in quelli che rivestono importanza per le navi che non effettuano operazioni di trasporto.

Secondo la direttiva è opportuno basare la decisione sull'ubicazione dei punti di rifornimento per il GNL nei porti su un'analisi costi-benefici, incluso una valutazione dei benefici per l'ambiente. Si dovrebbe tener conto anche delle disposizioni applicabili relative alla sicurezza. È opportuno che la realizzazione dell'infrastruttura

per il GNL non ostacoli lo sviluppo di altri combustibili alternativi che potrebbero essere introdotti in un prossimo futuro ed essere efficienti sul piano energetico.

Gli Stati membri dovrebbero garantire un sistema di distribuzione adeguato tra gli stabilimenti di stoccaggio e i punti di rifornimento per il GNL.

Per quanto riguarda invece il trasporto su strada, la disponibilità e l'ubicazione geografica dei punti di carico per i veicoli cisterna di GNL sono essenziali per lo sviluppo di una mobilità basata sul GNL economicamente sostenibile. Il GNL, incluso il biometano liquefatto, può inoltre costituire una tecnologia efficiente ed economica per consentire ai veicoli pesanti di rispettare i rigorosi limiti in materia di emissioni inquinanti previsti dalle norme Euro VI di cui al regolamento (CE) n. 595/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio.

La rete centrale della TEN-T dovrebbe costituire la base per lo sviluppo dell'infrastruttura per il GNL, in quanto coincide con i principali flussi di traffico e garantisce i benefici derivanti dalla rete. Nel creare le loro reti per la fornitura di GNL ai veicoli pesanti alimentati a GNL, gli Stati membri dovrebbero garantire la realizzazione di punti di rifornimento accessibili al pubblico, almeno lungo la rete centrale della TEN-T in un raggio di distanze adeguate tenendo conto dell'autonomia minima dei veicoli pesanti alimentati a GNL.

Pertanto, attraverso i rispettivi quadri strategici nazionali da comunicare alla Commissione, gli Stati membri devono assicurare che entro il 31 dicembre 2025, nei porti marittimi sia realizzato un numero adeguato di punti di rifornimento per il GNL per consentire la circolazione di navi adibite alla navigazione interna o navi adibite alla navigazione marittima alimentate a GNL nella rete centrale della TEN-T. Inoltre gli Stati membri devono cooperare, se del caso, con gli Stati membri confinanti per assicurare l'adeguata copertura della rete centrale della TEN-T.

Sempre attraverso i rispettivi quadri strategici nazionali, gli Stati membri assicurano che, entro il 31 dicembre 2030, nei porti della navigazione interna sia realizzato un numero adeguato di punti di rifornimento per il GNL per consentire la circolazione di navi adibite alla navigazione interna o navi adibite alla navigazione marittima alimentate a GNL nella rete centrale della TEN-T. Anche in questo caso gli Stati membri cooperano se del caso con gli Stati membri confinanti per assicurare l'adeguata copertura della rete centrale della TEN-T.

Per il settore del trasporto terrestre, da vedere in coerenza con quanto disposto per i porti, considerata la preponderanza del trasporto terrestre delle merci sbarcate, gli Stati membri assicurano che, entro il 31 dicembre 2025, sia realizzato un numero adeguato di punti di rifornimento di GNL comprese le strutture di carico per i veicoli

cisterna, accessibili al pubblico almeno lungo la rete centrale della TEN-T per assicurare la circolazione in tutta l'Unione dei veicoli pesanti alimentati a GNL.

Gli Stati membri confinanti, nell'ambito del loro quadro strategico nazionale, possono inoltre formare un raggruppamento al fine di ottemperare alle prescrizioni infrastrutturali, sempre rispettando gli obblighi di rendicontazione.

La Direttiva, emanata quando ancora circolava un numero molto ridotto di camion a GNL, poneva anche la condizione che esistesse una domanda e che i costi non fossero sproporzionati rispetto ai benefici, inclusi quelli per l'ambiente. Inoltre è previsto che la Commissione possa valutare i quadri strategici nazionali e, se del caso, presentare entro il 31 dicembre 2027 una proposta volta a modificare la DAFI. Come vedremo si è poi deciso di avviare la procedura già nel 2018.

Risultati DAFI

Il 13 febbraio 2019 la Commissione ha pubblicato la Relazione sulla valutazione dei quadri programmatici nazionali degli Stati membri comunicati ai sensi della DAFI (l'articolo 10, paragrafo 2). In generale, la Commissione ha rilevato grandi differenze tra gli Stati membri e l'adozione di veicoli a carburante alternativo è stata inferiore alle aspettative da molti Stati membri. Pertanto, in considerazione degli sviluppi futuri e dei recenti annunci fatti dalle case automobilistiche, la pianificazione a livello nazionale non riflette in modo adeguato gli sviluppi stimati in determinati mercati, in particolare per i veicoli elettrici a batteria e gli autocarri alimentati a gas naturale liquefatto. L'analisi della Commissione ha quindi rafforzato le richieste dei Ministeri europei dell'ambiente e dei trasporti oltre che del Parlamento europeo che ha invitato la Commissione a presentare una revisione della direttiva nella plenaria di ottobre 2018.

In particolare per gli usi del GNL, la Commissione rileva che sette Quadri nazionali non contengono obiettivi per punti di rifornimento di GNL per veicoli pesanti lungo la strada TEN-T Core Network. Sei non contengono obiettivi per i punti di rifornimento di GNL per i porti marittimi e quattro non contengono obiettivi per i punti di rifornimento di GNL nei porti interni.

Il GNL per veicoli pesanti è previsto da 21 paesi e non sembra garantita una adeguata copertura della rete stradale TEN-T Core e diversi Stati membri menzionano la necessità di ulteriori dettagli tecnici per sviluppo di veicoli pesanti a GNL (ad es. tragitti più lunghi). Inoltre, diversi membri prevedono di rivedere i propri obiettivi di infrastruttura di rifornimento di GNL dopo aver eseguito ulteriori analisi costi benefici

e avere maggiori indicazioni di mercato. Nel complesso Secondo il NPF, un totale di 384 punti di rifornimento di GNL saranno distribuiti in tutta l'UE per i camion.

L'insufficienza di punti di rifornimento per camion pesanti riguarda Bulgaria, Cipro, Danimarca, Croazia, Irlanda, Italia, Lettonia, Malta, Portogallo, Romania e Svezia. Ciò porta a una copertura insufficiente dei percorsi TEN-T che attraversa questi Stati membri e di conseguenza questioni transfrontaliere con tutti i loro vicini Stati membri. Si pongono problemi di continuità transfrontaliera in particolare tra gli Stati membri che sono vicini o che hanno importanti collegamenti: Austria / Ungheria, Austria / Italia, Belgio / Germania, Bulgaria / Romania, Germania / Danimarca, Germania / Lussemburgo, Germania / Paesi Bassi, Danimarca / Svezia, Grecia / Italia, Estonia / Lettonia, Croazia / Ungheria, Croazia / Italia, Ungheria / Romania, Ungheria / Slovenia, Ungheria / Slovacchia, Irlanda / Regno Unito, Italia / Malta e Lettonia / Lituania.

Sulla base degli obiettivi forniti dagli Stati, è evidente che alcune parti del TEN-T Core stradale rimarrà senza infrastruttura di rifornimento di GNL. In particolare, si dovrebbe prestare attenzione alla parte meridionale del corridoio atlantico e continuità transfrontaliera GNL Spagna/Portogallo, parte meridionale del corridoio scandinavo verso il Mediterraneo, la parte centrale e orientale del corridoio del Mediterraneo, la parte orientale del corridoio Reno-Danubio, l'intero corridoio oriente-est-mediterraneo e la parte baltica del corridoio Mare del Nord. L'analisi marittima mostra invece la sufficienza dei punti di rifornimento di GNL in Porti della rete centrale TEN-T e di quelli della rete centrale TEN-T dei porti interni. I piani per la distribuzione di GNL nei porti marittimi e interni variano tra i livelli elevati ambizione (Finlandia, Ungheria e Italia) e nessuna considerazione, lasciando un numero di porti senza nessuna soluzione per il rifornimento di GNL. Per la maggior parte dei corridoi delle vie navigabili interne, la copertura del rifornimento di GNL sarà probabilmente inadeguata in base agli obiettivi dei Quadri nazionali. Alcuni Stati membri mirano a sfruttare le sinergie tra GNC, GNL e trasporto su strada e vie d'acqua.

Solo otto degli NPF contengono previsioni di misure di sostegno per i veicoli pesanti a GNL, e solo l'Italia li fornisce anche per le navi a GNL. Molti Stati membri non hanno definito alcuna misura o definito solo misure con un probabile basso impatto per lo spiegamento di punti di rifornimento di GNL. Ciò indica, come esplicitamente espresso anche in vari Quadri, che molti paesi fanno affidamento sui fondi dell'UE (ad esempio il meccanismo CEF) per la diffusione di una rete adeguata di rifornimento di GNL sia per veicoli pesanti che per navi.

Sul fronte della sicurezza energetica dell'UE l'analisi dei programmi nazionali rivela che, entro il 2020, lo 0,4% dei combustibili petroliferi potrebbe essere sostituito da combustibili alternativi rispetto a uno scenario senza DAFI. Entro il 2030, questo

numero aumenterebbe all'1,4 ma alcuni paesi potrebbero ridurre molto di più la dipendenza dal petrolio, come l'Austria che lo ridurrebbe del 13%.

In merito alla riduzione delle emissioni di CO2 dei trasporti, dato il livello di ambizione complessivamente basso degli obiettivi della DAFI il contributo degli NPF alla politica energetica e climatica al 2030 sono bassi. Numerosi Paesi non forniscono stime oltre il 2020. L'attuazione della Direttiva potrebbe ridurre le emissioni di CO2 nei trasporti dello 0,4% entro il 2020 e dell'1,4% entro il 2030.

Per questo, sostiene la Commissione, è necessario intervenire per rimettere in carreggiata il contributo dei carburanti alternativi per avere una significativa riduzione delle emissioni di gas a effetto serra dei trasporti e la riduzione al minimo della dipendenza dell'UE dal petrolio. Gli Stati membri con ambiziosi piani a medio e lungo termine possono però fungere da esempio per mostrare ciò che è possibile.

Revisione DAFI

La riunione dei Ministri dell'ambiente e dei trasporti 29-30 ottobre 2018 a Graz (sotto presidenza austriaca della UE) si concluse con una dichiarazione dal titolo: "Avvio di una nuova era: mobilità pulita, sicura ed economica per l'Europa" con l'obiettivo di implementare la "Proposta di strategia per la riduzione a lungo termine delle emissioni di gas a effetto serra nell'UE" adottata dopo l'accordo di Parigi.

La "Dichiarazione di Graz" incoraggia la Commissione europea ad adottare un approccio strategico politico globale, comprendente una strategia complessiva verso una mobilità pulita, sicura, accessibile e conveniente, nonché per rafforzare l'innovazione, la competitività e inclusione sociale in Europa, valutando se la DAFI è al passo con gli sviluppi tecnologici e di mercato sulla richiesta di infrastrutture per le auto alternative dopo il 2020."

Riconosciuto il ruolo delle numerose iniziative, incentivi e regolamenti sulla mobilità per fornire un chiaro percorso per il trasporto e la mobilità rispettosi dell'ambiente e del clima basata sul principio della responsabilità collettiva, la Dichiarazione auspica ulteriori politiche ambiziose per la mobilità e i trasporti puliti al fine di raggiungere gli ambiziosi obiettivi di Parigi.

Secondo i ministri riunitisi nella località austriaca è necessario un approccio di politica di trasformazione olistica, che combini azioni e sfrutti le sinergie, tra l'altro per quanto riguarda i cambiamenti comportamentali, condivisione di concetti, veicoli puliti e a

zero emissioni e carburanti alternativi, digitalizzazione, gestione della mobilità, logistica del trasporto più pulita, mobilità attiva, sicurezza e mobilità inclusiva, multimodalità e infrastrutture per il trasporto pubblico con nuovi servizi di mobilità interessanti e convenienti e un sistema di trasporto completamente integrato.

Per far sì che ciò avvenga, sono essenziali investimenti coerenti, quadri di supporto e incentivi, oltre a ulteriori ricerche e innovazioni. Questa chiara trasformazione della mobilità fornirà inoltre un impulso cruciale per la crescita economica verde, garantendo al contempo la competitività dell'industria europea dei trasporti e automobilistica e creando nuove opportunità per le imprese e i lavori verdi. Le misure politiche e i finanziamenti devono essere incentrati sul raggiungimento degli obiettivi dell'agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile nella visione a lungo termine del 2050

Gli Stati membri sono quindi chiamati ad attuare le pertinenti politiche esistenti in via prioritaria. Insieme a città, regioni, aziende e attori dei trasporti, dovrebbero essere incoraggiati e sostenuti per aumentare i loro sforzi verso la mobilità a emissioni zero attraverso incentivi e strumenti di finanziamento, che dovrebbero essere forniti, tra l'altro, a livello europeo e attraverso una semplificazione delle norme sugli aiuti di Stato.

La dichiarazione intende promuovere soprattutto l'elettromobilità rispondendo alle esigenze di elettrificazione in tutti i modi di trasporto e sviluppando ulteriormente le opzioni di combustibile sostenibile decarbonizzato in Europa aumentare la quota di energia rinnovabile nei trasporti, rafforzando nel contempo la sicurezza dell'approvvigionamento e la competitività dell'industria europea.

Necessario quindi valutare il quadro giuridico per la promozione di infrastrutture per i carburanti alternativi al fine di identificare se e dove potrebbe essere necessario un aggiornamento. Non secondario proseguire gli sforzi di ricerca e innovazione concentrandosi su tecnologie innovative per la decarbonizzazione del settore dei trasporti, compresa la ricerca sulle batterie, e rispettare il principio di neutralità tecnologica tenendo conto dell'analisi del ciclo di vita dei prodotti.

Si raccomandano anche azioni per la guida ecologica nell'ambito dei programmi di istruzione e il lancio di ampie campagne di comportamento sostenibile dei consumatori per promuovere stili di guida a risparmio energetico, l'acquisto di veicoli a basse e zero emissioni e la promozione della cooperazione europea con piattaforme e partenariati come la Piattaforma europea per la gestione della mobilità (EPOMM) e la revisione della politica dei piani di mobilità urbana sostenibile (SUMP).

Inoltre, gli Stati membri e la Commissione europea sono invitati a intensificare la loro collaborazione nell'ambito di processi internazionali finalizzati alla mobilità e ai trasporti a basse emissioni di carbonio e rispettosi dell'ambiente, come l'International Civil Aviation Organization (ICAO), l'International Maritime Organization e il programma dell'United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)/Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sui trasporti per la salute e l'ambiente e contribuire in particolare ai preparativi per la quinta riunione ministeriale paneuropea di alto livello sui trasporti, la salute e l'ambiente a Vienna nell'ottobre 2019.

La Dichiarazione dei ministri dell'ambiente e dei trasporti si conclude invitando la Commissione europea a basarsi su questi principi e azioni proposte e a sviluppare e realizzare la strategia globale e un percorso verso una mobilità sostenibile, pulita, sicura, economica e inclusiva in Europa, con pacchetti adeguati entro il 2021.

Sempre nel mese di ottobre 2018 anche il Parlamento ha chiesto una revisione della Dafi, evidenziando l'importanza di azioni per accelerare l'introduzione sul mercato di veicoli a basse o zero emissioni e l'implementazione di adeguate infrastrutture di rifornimento/ricarica.

La Commissione europea ha quindi avviato il percorso di valutazione dell'efficacia della DAFI, lanciando una consultazione che è si è chiusa nel marzo 2019, e si è data come tempo per la conclusione della verifica e la formulazione di eventuali proposte integrative il secondo trimestre del 2020.

Nello stesso periodo sono state manifestate preoccupazioni da parte di molti produttori - recepite dalla Commissione - per i ritardi nella realizzazione delle infrastrutture. Secondo l'esecutivo UE in alcuni mercati la pianificazione nazionale non riflette adeguatamente le stime di crescita, in particolare per quanto riguarda le auto elettriche e i mezzi pesanti a Gnl. Preoccupazioni sono state espresse anche da parte di associazioni di armatori, per le difficoltà di rifornimento delle navi in arrivo alimentate a GNL soprattutto nel Mediterraneo.

I contributi ricevuti dalla Commissione saranno riassunti in un report nel quale sarà spiegato quali suggerimenti potranno essere seguiti e quali invece non saranno considerati, con relative motivazioni. I risultati saranno illustrati in un prossimo workshop con gli stakeholder e un successivo Forum per i Trasporti sostenibili della Commissione avrà la funzione di facilitare lo scambio di informazioni tra i soggetti interessati.

Secondo la Commissione la strategia a lungo termine per il clima mostra come l'Europa possa aprire la strada a un'economia neutrale dal punto di vista climatico

entro il 2050, partendo comunque dalla Direttiva DAFI che ha avuto l'obiettivo di creare un quadro comune di misure per la costruzione di una rete infrastrutturale per veicoli e imbarcazioni ha lo scopo di ridurre la dipendenza dal petrolio e mitigare gli impatti ambientali.

Pianificazione energetico - ambientale dei porti

Il Paese che più di altri ha posto una attenzione strategica all'uso diffuso del GNL nell'ambito delle strategie energetiche ed ambientali portuali è l'Italia, che ha adottato il Decreto ministeriale n. 408 del 17 dicembre 2018 del direttore generale per il clima e l'energia del Ministero dell'Ambiente, della tutela del territorio e del mare, di concerto con il direttore generale per la vigilanza sulle autorità portuali, le infrastrutture portuali ed il trasporto marittimo e per vie d'acqua interne del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, le "Linee guida per la redazione dei documenti di pianificazione energetico-ambientale dei sistemi portuali" di cui ha dato notizia la Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 301 del 29 dicembre 2018.

Tale Decreto ministeriale era stato previsto dal Decreto legislativo 13 dicembre 2017 che disciplinava le attività delle Autorità di sistema portuale anche in materia di sostenibilità ambientale, prevedendo che la pianificazione del sistema portuale (che può riguardare uno o più porti nazionali) debba essere rispettosa dei criteri di sostenibilità energetica e ambientale, in coerenza con le politiche promosse dalle vigenti direttive europee in materia.

Con questi obiettivi, le Autorità di sistema portuale (AdsP) devono promuovere la redazione del Documento di pianificazione energetica e ambientale (DEASP), con il fine di perseguire adeguati obiettivi, con particolare attenzione alla riduzione delle emissioni di CO₂. I DEASP, di competenza delle singole Autorità di sistema portuale, devono quindi essere redatti sulla base delle linee guida governative che definiscono gli indirizzi strategici per l'implementazione di specifiche misure al fine di migliorare l'efficienza energetica e di promuovere l'uso delle energie rinnovabili in ambito portuale.

Le linee guida prevedono che all'interno di una prefissata cornice temporale, gli interventi e le misure da attuare, con una preventiva valutazione di fattibilità tecnico-economica, anche mediante analisi costi-benefici. Altro aspetto fondamentale il coordinamento tra gli interventi e le misure ambientali con la programmazione degli interventi infrastrutturali dell'intero sistema portuale ed infine le misure di monitoraggio degli interventi realizzati, per consentire la valutazione della loro efficacia.

Importante rilevare che i DEASP sono atti formalmente indipendenti dalla pianificazione generale del Sistema Portuale, e viene adottato direttamente dall'AdSP, senza necessità di approvazione da enti collegati o sovraordinati. Ciò costituisce una novità rispetto alla tradizionale normativa che regola le attività delle AdSP, che devono coordinarsi con le altre autorità territoriali, come i Comuni e le Regioni. Per questo motivo lo strumento “snello e operativo delle Linee Guida” potrà essere vagliato ed eventualmente aggiornato ogni tre anni, al fine di garantirne la coerenza con l'evoluzione tecnologica e normativa.

I DEASP si configurano quindi come un supporto tecnico ai Piani Regolatori dei Sistemi Portuali (PRdSP) laddove i primi fanno riferimento alla situazione reale dei porti, mentre i secondi ne prevedono lo sviluppo futuro, modificando anche le destinazioni d'uso di aree ed immobili. Qualora i Piani regolatori modificassero sostanzialmente l'assetto di riferimento dei DEASP, questi ultimi dovranno essere adeguati.

Per la redazione dei DEASP due punti sembrano i più qualificanti: l'estensione della valutazione tecnico-economica degli interventi al “Costo Globale” degli interventi, analizzati singolarmente e nel loro insieme; la valutazione della “Carbon Footprint” del Sistema Portuale, secondo quanto previsto dalla norma UNI ISO 14064 e ai relativi protocolli attuativi.

Il GNL nel DEASP

Come già accennato, uno dei maggiori vantaggi dell'uso del GNL è che può essere impiegato in una pluralità di attività, rendendone quindi economicamente più vantaggiose le infrastrutture di approvvigionamento e distribuzione. Inoltre, potendolo utilizzare in tutte le fasi della logistica portuale e non solo, estende i suoi vantaggi ambientali in più ampie aree industriali fino a costituire dei corridoi di transito a lunga percorrenza e a basso impatto.

Coerentemente con il Decreto legislativo DAFI il DEASP prevede nelle strategie di adeguamento energetico-ambientale dei porti l'alimentazione delle grandi navi con il GNL, e quindi la realizzazione delle infrastrutture necessarie per i rifornimenti e non esclude misure di incentivazione per gli armatori che intendano adeguare le navi stesse. La novità è che il DEASP non si limita all'uso del GNL come combustibile marittimo, ma se ne prevede un utilizzo generale “per gli apparati e i veicoli di servizio” con l'obiettivo di migliorare l'efficienza energetica delle strutture e degli impianti, quando non è possibile o conveniente elettrificare il consumo.

Le Linee Guida prevedono che sia la Conferenza nazionale delle Autorità Portuali a coordinare le politiche da adottare nei singoli DEASP in merito alle infrastrutture per l'alimentazione delle navi a GNL e a tutti gli altri usi di questo combustibile. In ogni caso è comunque indispensabile riservare lo spazio necessario in ambito portuale per gli impianti GNL, favorendo le navi che usino questo combustibile.

Le linee guida non mancano peraltro di ricordare che nonostante l'uso del GNL garantisca notevoli riduzioni delle emissioni inquinanti (SO₂, NO_x, PM), presenta punti di criticità riguardo alle emissioni climalteranti nella fase dello stoccaggio, sia negli impianti sia a bordo dei veicoli.

Tra le altre opportunità di riduzione delle emissioni di CO₂ il documento richiama i centri intermodali e i collegamenti che consentono un maggior impiego di modalità di trasporto più efficienti sotto il profilo energetico rispetto al trasporto su strada (es. terminal ferroviario in ambito portuale, realizzazione di nuove aste ferroviarie su specifiche banchine, collegamenti ferroviari con centri intermodali collocati fuori dal porto).

A questo proposito vale la pena ricordare il progetto in corso di realizzazione in Spagna del "corridoio GNL marittimo-ferroviario" che collegherà il porto di Huelva via ferrovia, con locomotori a GNL, e l'interporto ADIF di Majorabique, nel retroterra di Siviglia, presso il quale sarà anche presente una stazione di GNL per i camion. Allo scopo sarà adeguato alle attività di small scale LNG il deposito del rigassificatore di Huelva.

Per le operazioni di carico/scarico di navi con un miglior indice di efficienza energetica (le Linee guida per queste attività suggeriscono la metodologia Energy Efficiency Design Index (EEDI) ricordando le esperienze già fatte con l'uso del GNL nei carrelli elevatori per lo scarico delle merci e dei container, ma anche per i reach-stacker, le motrici, le gru mobili in genere.

Un richiamo anche al recupero e riutilizzo portuale diretto di frigoriferi da processi criogenici, come nel caso del GNL, conservato a -162 gradi.

Nell'ambito della logistica portuale, considerando i mezzi di movimentazione e di trasporto, rientrano gli interventi di sostituzione anche con mezzi a GNL. In questi casi vanno valutate le esternalità ambientali tipiche dei mezzi di trasporto: emissioni, rumore, incidentalità, congestione di traffico.

Le linee guida dedicano particolare attenzione anche all'attività di dragaggio, per la complicatezza dell'analisi costi benefici. Le draghe infatti usano il carburante sia per la navigazione sia per il lavoro. Inoltre le emissioni di una draga dipendono da molti fattori, come le distanze percorse, la tipologia del fondale e dei materiali trattati, l'efficienza delle pompe. Le linee guida richiamano le indicazioni dell'AuDA, l'associazione europea del settore, che dopo un suggerimento iniziale per il passaggio dai combustibili tradizionali ad alto contenuto di zolfo a quelli a basso, è passata al GNL. Draghe a GNL sono già attive e in costruzione nel mondo.

Considerata la necessità di prevedere sistemi per la fornitura di elettricità alle navi ferme in porto (cold ironing o on-shore power supply), le Linee Guida, riprendendo una proposta contenuta nelle Linee guida per la redazione dei Piani Regolatori di Sistema Portuale pubblicate dal MIT nel marzo 2017, estende l'idea della gestione unica del porto come "portgrid", con un ripensamento completo del sistema di trasmissione, distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica.

I due documenti non citano i rischi di insufficiente potenza da parte delle reti elettriche per far fronte alla nuova domanda, e ai costi di un loro rifacimento, così come si cita la possibilità di avere produzioni da fonte rinnovabile che però difficilmente potrebbe supplire alle carenze della rete elettrica esistente. Però, considerata l'evoluzione regolatoria per la realizzazione di sistemi chiusi di autoproduzione e autoconsumo, l'idea del porto autosufficiente energeticamente potrebbe essere attuata più facilmente con l'uso del GNL.

L'ipotesi di micro turbine alimentante con GNL presso alcune banchine è stata formulata più volte in passato, ed una ipotesi esplicita fu formulata per il porto di Vado Ligure. Al momento non si hanno però notizie di realizzazioni. Inoltre, la diffusione del GNL come combustibile marittimo soprattutto per le navi da crociera, quelle che ferme in porto hanno più emissioni, e che potrebbero continuare ad autoalimentarsi anche durante le soste.

Inoltre la crescita della capacità di conservazione dell'energia delle batterie elettrochimiche (in relazione al loro peso e dimensione), potrebbero permettere presto il loro utilizzo durante le soste. Sperimentazioni sono già in corso, anche grazie alle innovazioni tecnologiche che permettono l'alimentazione delle batterie durante la navigazione.

Conclusioni

Negli anni di gestazione della Direttiva DAFI si riteneva che lo sviluppo del GNL in ambito marittimo avrebbe seguito l'interesse economico degli armatori, in considerazione della convenienza di prezzo rispetto ai derivati petroliferi e nella prospettiva di una sempre maggiore regolazione di tutela ambientale. La Direttiva sul tenore di zolfo nei combustibili non era ancora stata recepita dagli Stati membri ma il provvedimento era già stato deciso dall'IMO e si sapeva che la UE l'avrebbe trasposta in Direttiva.

Si pensava quindi che la spinta maggiore sarebbe venuta dai traghetti, considerato il maggior costo relativo del combustibile rispetto alle altre attività di trasporto marittimo. L'attività dei traghetti sembrava avere anche un altro vantaggio, la destinazione punto – punto che riduce la necessità di punti di approvvigionamento.

La discesa dei prezzi del petrolio sembra invece aver rallentato le scelte degli armatori di traghetti mentre è cresciuta in maniera significativa – come anche nell'ambito del trasporto terrestre – la sensibilità per gli aspetti ambientali, che ha portato in primo piano le scelte degli armatori di crociera, più sensibili agli umori dei clienti. Va aggiunto che il costo del combustibile per l'attività crocieristica è poi relativamente meno importante rispetto agli altri settori.

La forte scelta per le navi da crociera, accompagnata al fenomeno del "gigantismo" delle imbarcazioni ha necessariamente condizionato anche le prospettive per le strutture di rifornimento, che si sono orientate più sullo "ship to ship" piuttosto che sul rifornimento "truck to ship" da bordo molo. Il primo è infatti indispensabile perché i rifornimenti delle navi da crociera richiedono migliaia di metri cubi di GNL, mentre per i traghetti sono sufficienti centinaia, e quindi rifornibili da un ridotto numero di autocisterne.

Contemporaneamente gli entusiasmi iniziali per una rapida realizzazione delle infrastrutture – e di conseguenza le previsioni dei Quadri strategici nazionali sul GNL previsti dalla Direttiva DAFI – si sono affievoliti soprattutto nel Mediterraneo dove i porti sono quasi tutti cittadini e saturi di attività. Questo ha aumentato l'importanza dei grandi depositi "primari" di GNL associati ai rigassificatori, meglio se on shore.

Anche grazie ad una maggiore capacità organizzativa e programmatoria dei paesi del Nord Europa e la disponibilità di ampi spazi portuali, le attività marittime del GNL si sono sviluppate prevalentemente nel Mar Baltico e nel Mare del Nord. In queste aree ha avuto poi un peso rilevante l'istituzione della Area ECA, con il limite di tenore di zolfo dello 0,1% dal gennaio 2015. Anche per questa area geografica ha comunque prevalso l'incertezza e il settore non si è sviluppato come ipotizzato inizialmente.

Nelle scelte degli armatori, anche per il nuovo naviglio, ha prevalso l'introduzione degli scrubber, nonostante il loro peso, che aumenta i consumi in navigazione, la complessa gestione dei fanghi di depurazione e il rischio di prezzo dei derivati petroliferi in un mercato che comunque andrà a restringersi per via delle sempre più stringenti regolazioni ambientali, che con sempre maggiore decisione si pone l'obiettivo della sostituzione del petrolio in tutti i suoi usi.

Nell'Europa meridionale lo sviluppo maggiore ha riguardato invece il trasporto terrestre a GNL, ed anche in questo caso per la prevalenza degli aspetti ambientali su quelli economici. Sono sati infatti i grandi protagonisti della distribuzione alimentare a chiedere ai trasportatori di ridurre al massimo l'impatto ambientale del trasporto per poter associare i termini di marketing la qualità del prodotto alla qualità dei trasporti.

I produttori di camion hanno reagito velocemente, soprattutto nei paesi con maggiore tradizione di trasporti con gas naturale, come Olanda e Italia, o con maggiore disponibilità di GNL, come la Spagna. Adesso il mercato del GNL per i trasporti pesanti sembra decollato definitivamente e dall'area Sud si sta estendendo anche nell'Europa del Nord. Sono ormai centinaia le stazioni di servizio e già circa 6000 i camion che girano per l'Europa.

Una forte spinta a questo sviluppo è venuta dal raddoppio dei serbatoi dei camion, che permette di percorrere anche 1500 km senza dover fare rifornimento. Questo ha ridotto significativamente la necessità di stazioni di servizio anche se la loro dislocazione, avvenuta per lo più spontaneamente, lascia aree scoperte interne ai Paesi e transfrontaliere, come ha rilevato l'analisi della Commissione della prima fase di attuazione della DAFI.

In questa sede si insiste sull'analisi del trasporto terrestre a GNL perché l'esperienza di questi anni ha dimostrato la stretta connessione con l'ambito marittimo. Oltre l'esperienza della Sardegna, caso particolare perché grande isola non metanizzata, tutti i depositi costieri in via di realizzazione basano il proprio conto economico sull'iniziale prevalenza di questo tipo di domanda, nell'attesa che cresca quella marittima.

Infine è condiviso a tutti i livelli che la riduzione dell'impatto ambientale dei trasporti nel loro insieme richiedono forti politiche di intermodalità, basate in Europa sui corridoi principali delle TEN-T. Significa che le merci in arrivo in qualsiasi porto devono poter essere spostate su mezzi che anch'essi usano il GNL (o elettrici se da fonti rinnovabili).

L'idea che in una strategia di questo tipo tutte le altre attività portuali che richiedono forza motrice adottino il GNL appare una banalità cui però fino ad ora non è stata

dedicata la necessaria attenzione a livello locale ma anche centrale europeo. Lo dimostrano la scarsità di indirizzi e previsioni in questo senso nei piani strategici di sviluppo e rinnovamento energetico – ambientale dei porti, soprattutto mediterranei.

Se nei prossimi anni prevarrà il rifornimento ship to ship da depositi non necessariamente ubicati all'interno dei porti, certamente non potrà mancare una stazione di servizio in grado di rifornire di GNL i camion in arrivo e in partenza, gli altri mezzi di spostamento merci nel porto, turbine per la produzione intermittente di elettricità oltre che trigenerazione (elettricità, calore e freddo) per gli edifici.

Non che non esistano singole esperienze su specifiche attività, ma quello che sembra ancora mancare sono la visione d'insieme e la volontà strategica. A distanza di oltre sei mesi dalla sua emanazione, il Decreto ministeriale italiano DEASP non è ancora mai stato preso in considerazione da alcuna Autorità portuale o altra amministrazione competente per la pianificazione delle attività portuali.

2. Contesto del mercato GNL

Mediterraneo Nord Occidentale, principali porti dell'area



- Barcellona
- Marsiglia
- Genova
- Livorno

Il Mediterraneo Nord Occidentale è costituito dalle acque sottese alla costa continentale europea tra Barcellona e Orbetello e comprende le coste della Corsica e della Sardegna Occidentale.

In questo ambito i principali porti in termini di traffico marittimo e dotazione di servizi per il bunkeraggio sono Barcellona, Marsiglia, Genova e Livorno.

Consumi nel Mediterraneo e nei principali porti dell'area (Mt/a)

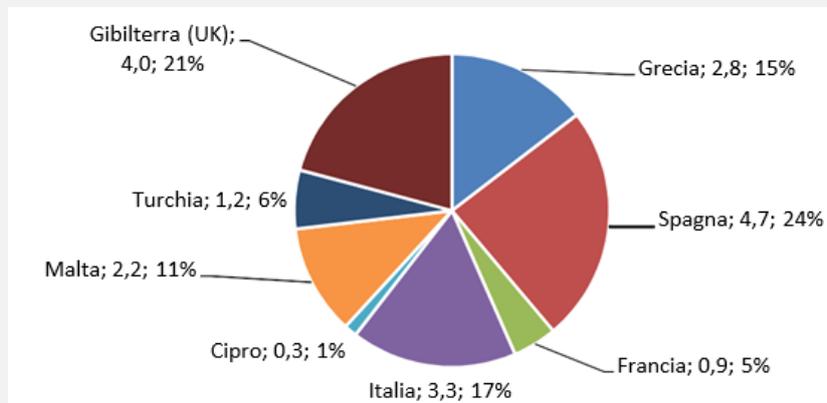
Negli ultimi anni i consumi di prodotti petroliferi per il trasporto marittimo nel Mediterraneo sono di circa

18 Mt/a sia in termini di vendite che di volumi ricavati dai livelli delle attività di navigazione. Prevalgono i consumi di portacontainer, navi cisterna e cargo (74%), mentre quelli per il trasporto di passeggeri e veicoli pesa per il 22%.

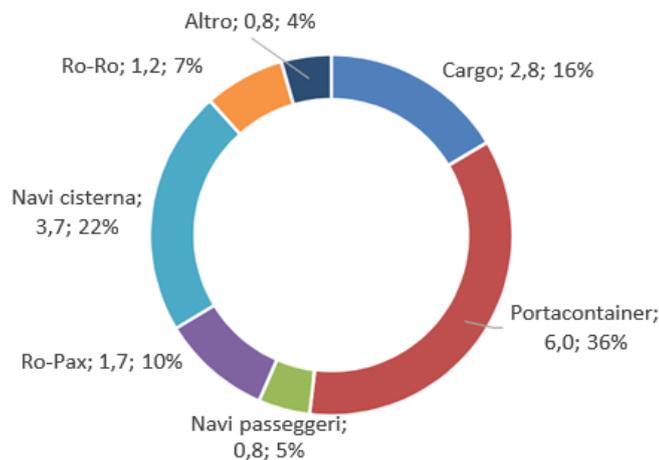
Le vendite di bunker, nel Mediterraneo, nei porti di Spagna, Italia e Francia pesano per circa il 45%. Molto rilevante anche il ruolo di porti strategici nel Mediterraneo Occidentale come Gibilterra 21% e quelli di Malta (11%).

Vendite di prodotti petroliferi per bunkeraggio nei porti dell'area

- Marseille-Fos 0,6 Mt/a
- Barcelona 0,9 Mt/a
- Genova 0,9 Mt/a
- Livorno 0,5 Mt/a

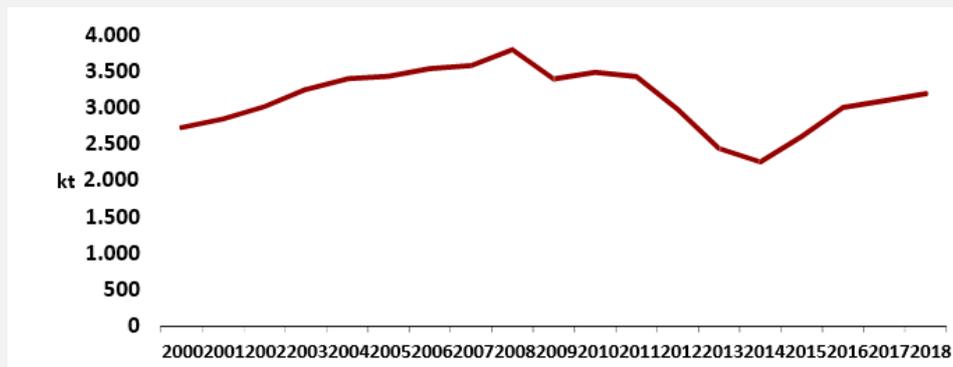


Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Eurostat

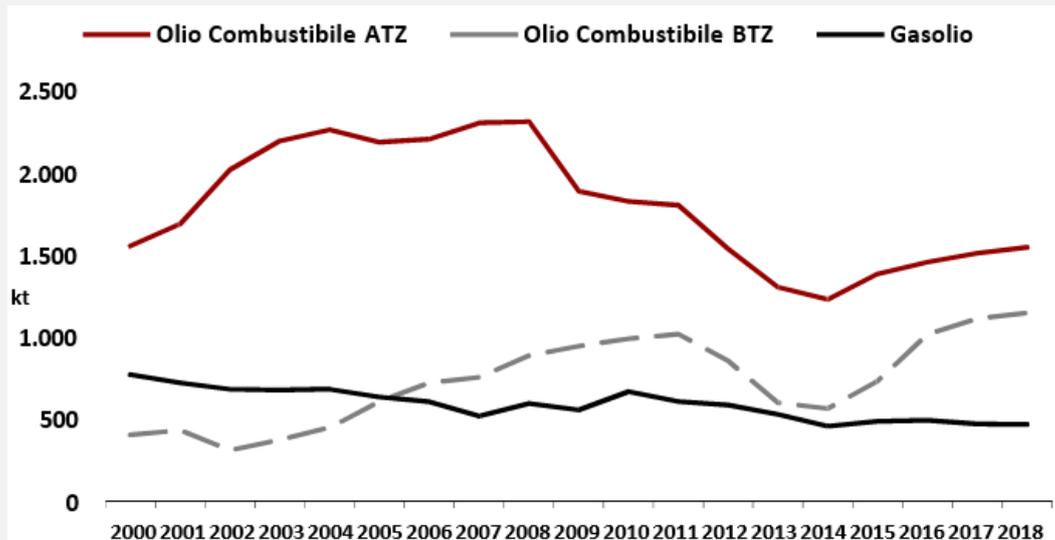


Fonte: elaborazioni REF-E su dati IIASA

Il complesso dei consumi di prodotti petroliferi per bunkeraggio registrati dal MSE per il 2018 è stato pari a circa 3,189 migliaia di tonnellate, con un incremento del 3% rispetto alle 3,091 del 2017. Si registra quindi una prosecuzione del trend di crescita degli ultimi anni, anche se con un rallentamento rispetto agli incrementi del 2015 (+16%) e del 2016 (+15%). I consumi per bunkeraggio del 2014 avevano toccato il minimo dal 2000. Il livello attuale comunque è ancora al di sotto dei livelli registrati tra il 2003 e il 2011.

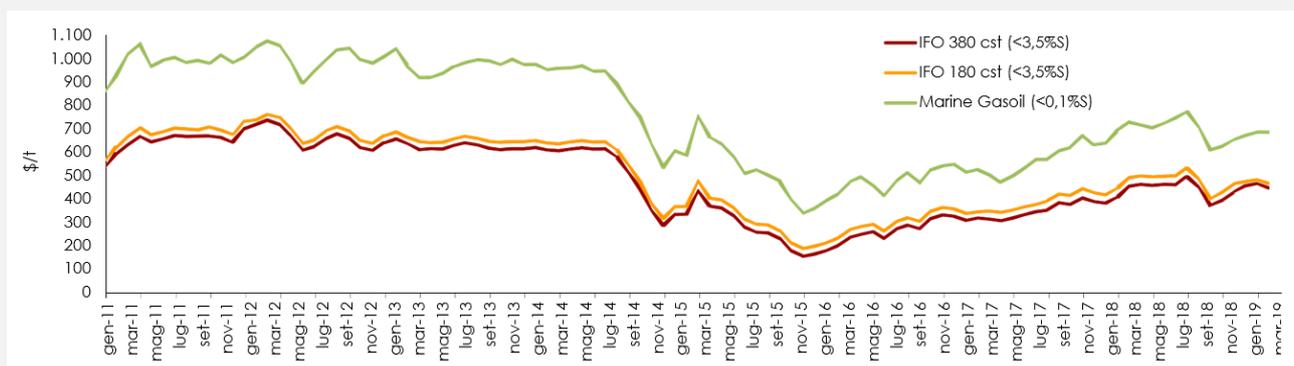


Il più utilizzato è l'olio combustibile ATZ (alto tenore di zolfo), impiegato mediamente per il 60% del bunkeraggio complessivo nel periodo considerato, che nel 2018 ha pesato per il 50% dei consumi. Sempre nel 2018 l'olio combustibile BTZ (basso tenore di zolfo) ha pesato per il 35%, mentre il gasolio per circa un 15% delle forniture di bunker (Figura x). In base alle normative vigenti, i contenuti massimi di zolfo consentiti nei combustibili marittimi sono: 3,5% per l'olio combustibile ATZ; 1% per l'olio combustibile BTZ; e 0,1% per il gasolio marino. Dal primo gennaio 2020, in base alla decisione definitiva dell'IMO, entrerà in vigore a livello globale il nuovo limite dello 0,5 di contenuto massimo di zolfo nei combustibili marittimi.



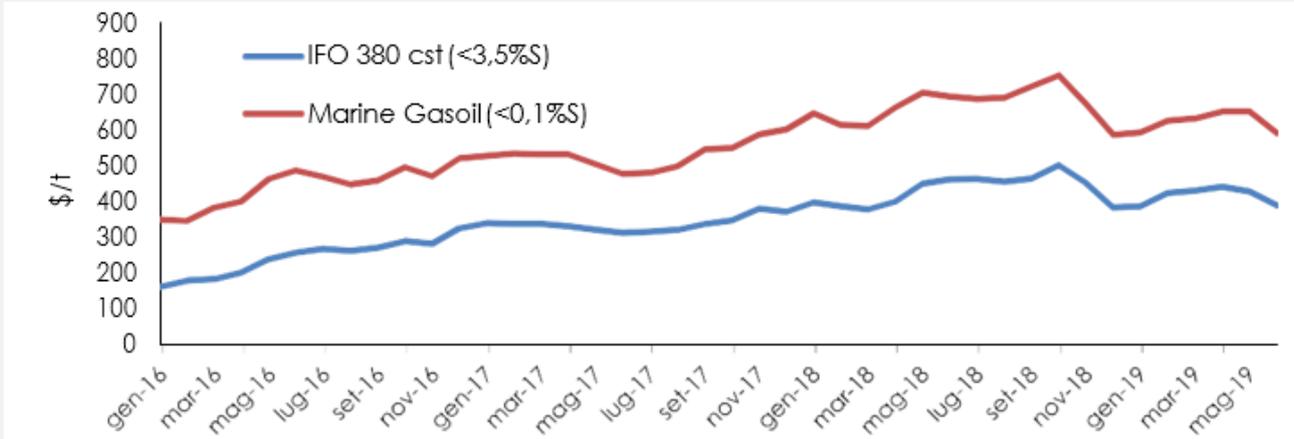
Prezzi dei combustibili marittimi nei porti italiani

- Nei primi nove mesi del 2018 si è registrato un significativo trend di crescita dei prezzi (franco bordo) dei prodotti petroliferi per bunker registrati nei porti italiani, che è si è drasticamente invertito negli ultimi mesi dell'anno, con prezzi che a dicembre sono tornati sui livelli della fine del 2017. Nel primo semestre 2019 i prezzi dei combustibili marittimi hanno avuto una ripresa senza però recuperare i livelli della fine del 2018.
- A giugno 2019 il prezzo del gasolio marino ha raggiunto i 686 \$/t crescendo del 12% rispetto al valore di dicembre 2018. L'IFO 380 < 3,5%S alla fine del primo semestre 2019 ha fatto invece registrare un aumento del 17% rispetto al prezzo di gennaio 2018.
- Nel primo semestre del 2019, lo spread di prezzo tra il gasolio marino e gli olii combustibili ha registrato valori medi di circa 226\$/t, lieve crescita rispetto al semestre precedente.

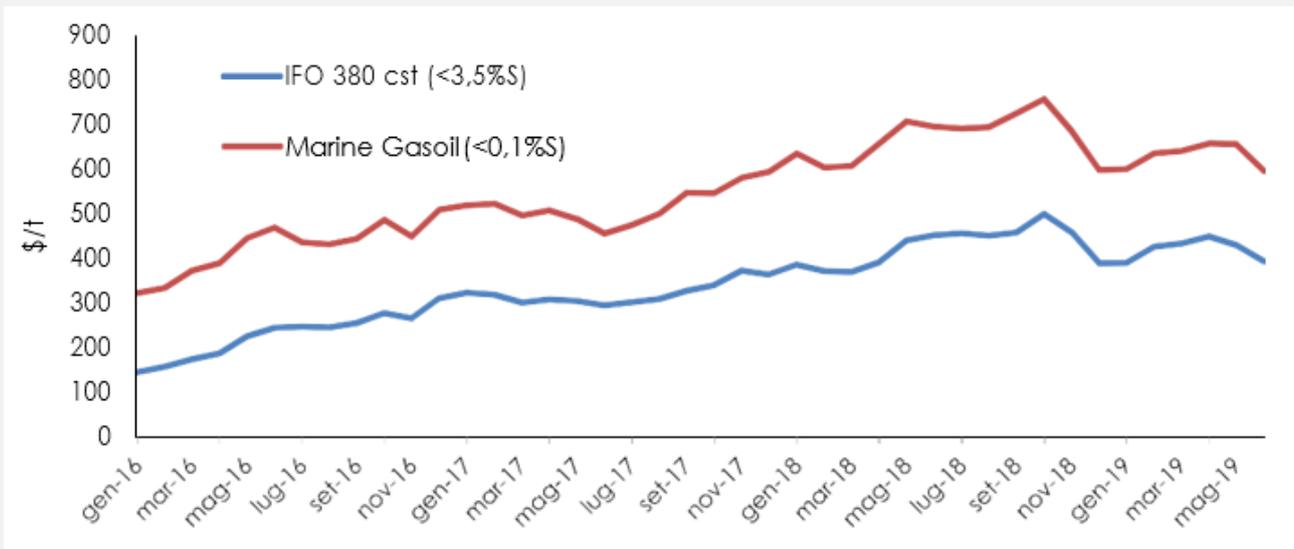


Prezzi dei combustibili marittimi nei porti dell'area 2016-2019

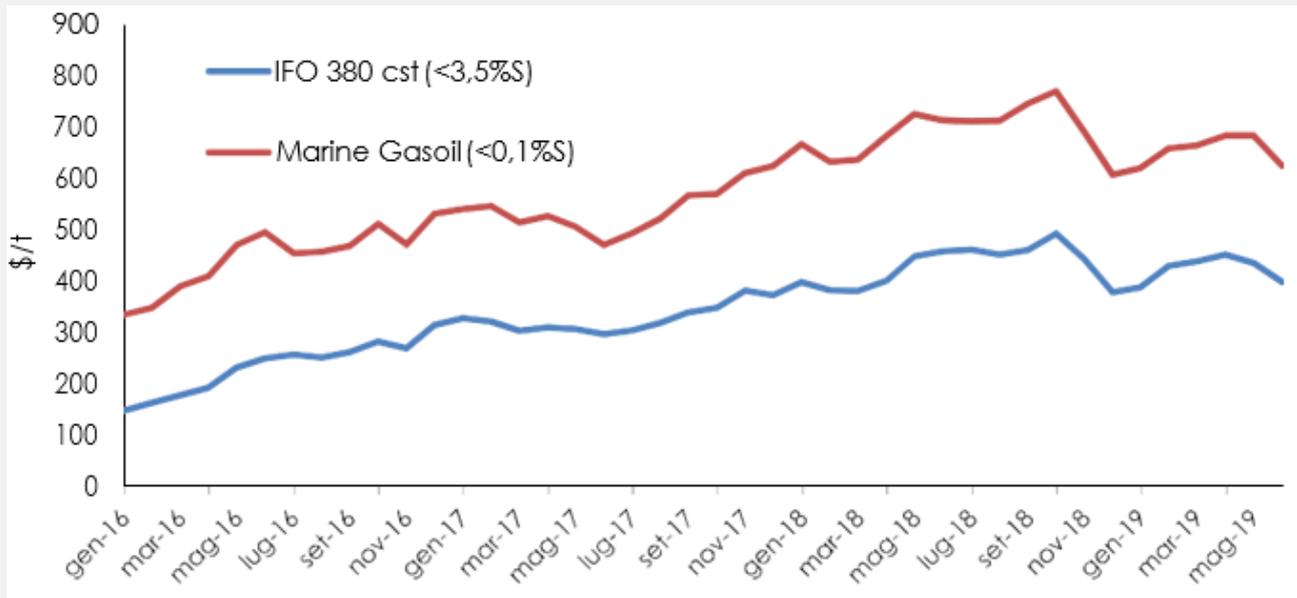
Barcellona



Fos_Marseilles



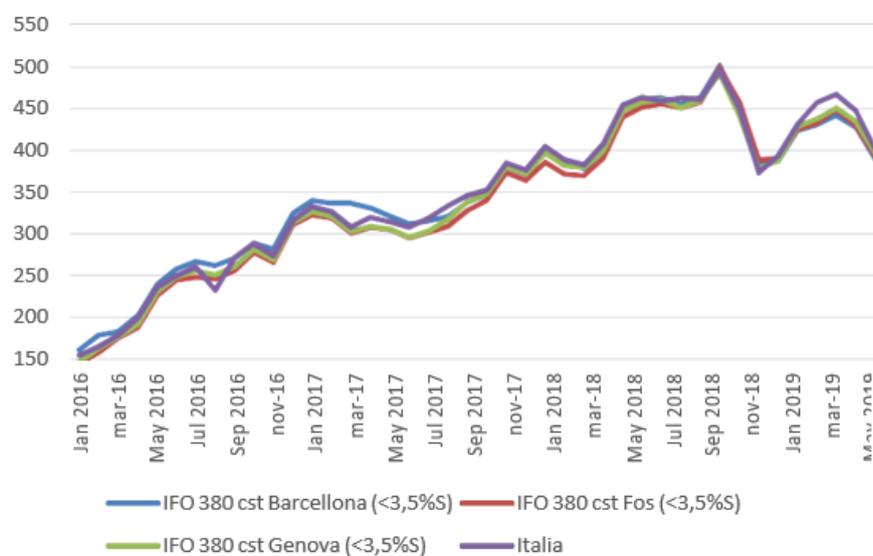
Genova

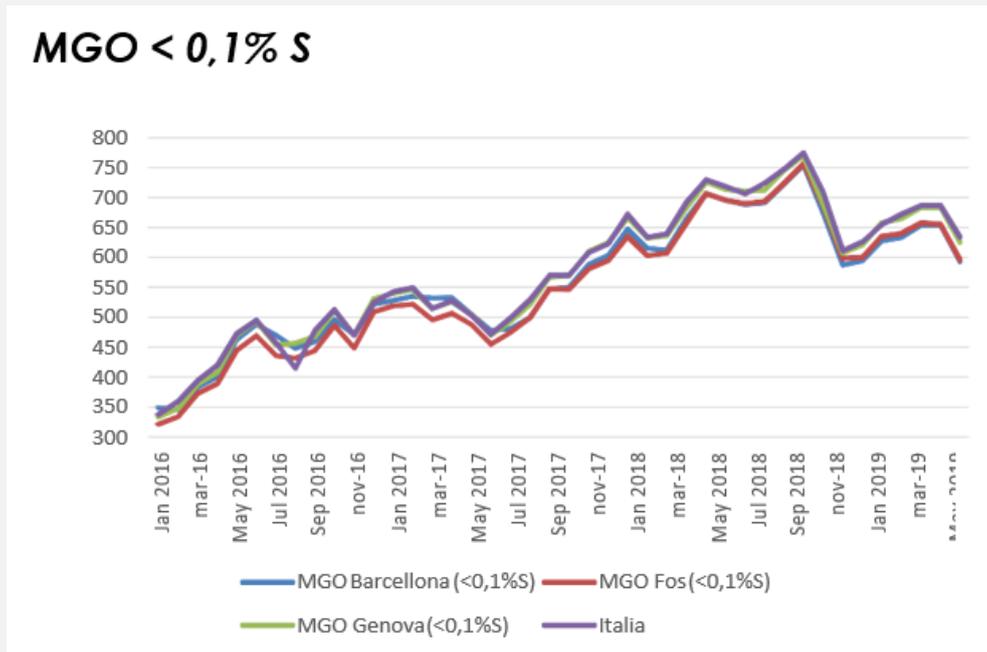


Differenze nei prezzi dei combustibili marittimi nei porti dell'area

- L'analisi dell'andamento dei prezzi delle due principali tipologie di prodotti petroliferi utilizzati per bunkeraggio mostra nei tre principali porti del Mediterraneo Nord Occidentale (e rispetto anche ai prezzi medi del mercato italiano nel suo complesso), mostra andamenti sostanzialmente allineati con differenze molto limitate.

IFO 380 cst < 3,5% S





Navi a GNL operative ad agosto 2019

- E' entrata in esercizio a novembre 2018 la prima nave alimentata a GNL nei porti italiani, il traghetto «Elio» di Caronte & Tourist che fa servizio tra Messina e Villa San Giovanni. La nave è dotata di due serbatoi di GNL da 150 mc ciascuno. Allo stato attuale la nave viene alimentata a MDO.
- Dai primi mesi del 2019 la nave da crociera «Aidanova» del Gruppo Carnival opera nel Mediterraneo, fa scalo nei porti italiani ed effettua le operazioni di bunkeraggio del GNL nel porto di Barcellona o nei porti delle Canarie.
- Tra gennaio e luglio 2019 sono entrati in esercizio due nuovi traghetti a GNL della compagnia Baleària realizzati nei Cantieri Visentini. I Le due navi «Hypatia de Alejandría» e «Marie Curie», operano rispettivamente nelle rotte da Barcellona e Valencia verso le Baleari. Contestualmente Baleària ha reso operativi due traghetti a GNL oggetto di retrofit sulle rotte atlantica tra Huelva e le Canarie.

Nuove Navi a GNL attese nel Mediterraneo

- La prima nave a GNL di Costa Crociere (Gruppo Carnival), "Costa Smeralda", arriverà nel Porto di Savona i primi novembre. Per il 2021 è prevista la consegna della seconda nave da crociera «Costa Toscana», gemella della "Costa Smeralda".

- MSC Crociere, che ha la sua base nel porto di Genova, nel 2017 ha ufficializzato l'ordine a STX France per la costruzione di quattro navi da oltre 200,000 tonnellate, alimentate da GNL, la prima delle quali, «MSC Grandiosa» verrà consegnata a fine 2019.
- Tra la fine del 2019 e il 2021 è attesa l'entrata in esercizio di altri 5 traghetti a GNL di Baleària su rotte mediterranee, di cui una imbarcazione nuova realizzata nei cantieri Armon in Spagna e 4 oggetto di retrofit.
- A inizio 2018 era stata annunciata la commessa congiunta ai cantieri cinesi GSI di quattro traghetti dual fuel GNL/gasolio da parte di Grandi Navi Veloci (GNV) e del gruppo Onorato. A fine 2018 GNV ha comunicato che i primi nuovi traghetti ordinati non potranno essere alimentati a GNL per la mancanza di infrastrutture di bunkeraggio nel Porto di Genova.
- Corsica Ferries a fine luglio 2019 ha annunciato l'ordine per la costruzione di un traghetto a GNL ai Cantieri Visentini che dovrebbe essere operativo entro il 2022

Ad agosto 2019 il quadro delle imbarcazioni con motorizzazione a GNL operative nel Mediterraneo mostra una realtà molto limitata che evidenzia la mancanza di infrastrutture per la fornitura di GNL in una area cruciale per il traffico marittimo mondiale.

Sintomo di questa criticità è il Traghetto Dual Fuel «Elio» di Caronte & Tourist che attualmente opera alimentato a gasolio in assenza di condizioni di fornitura del GNL considerate accettabili della Compagnia.

La «Aidanova» viene rifornita in modalità Ship to Ship da Shell tramite la bunkership «Coral Methane» nei porti della Canarie e in quello di Barcellona. La Coral Methane si approvvigiona di GNL presso le facilities del terminale GNL Gate nell'area del porto di Rotterdam in Olanda. Allo stato attuale sono in progetto ma non sono disponibili facilities di carico di metaniere SSLNG con funzionalità di bunkership presso i terminali GNL del Mediterraneo.

I due traghetti di Baleària che operano nel Mediterraneo vengono riforniti da Naturgy (ex Gas Natural Fenosa) in modalità Truck to Ship dalle banchine dei porti di Barcellona e Valencia.

Consumi di GNL per bunkeraggio nel Mediterraneo (I sem. 2019)

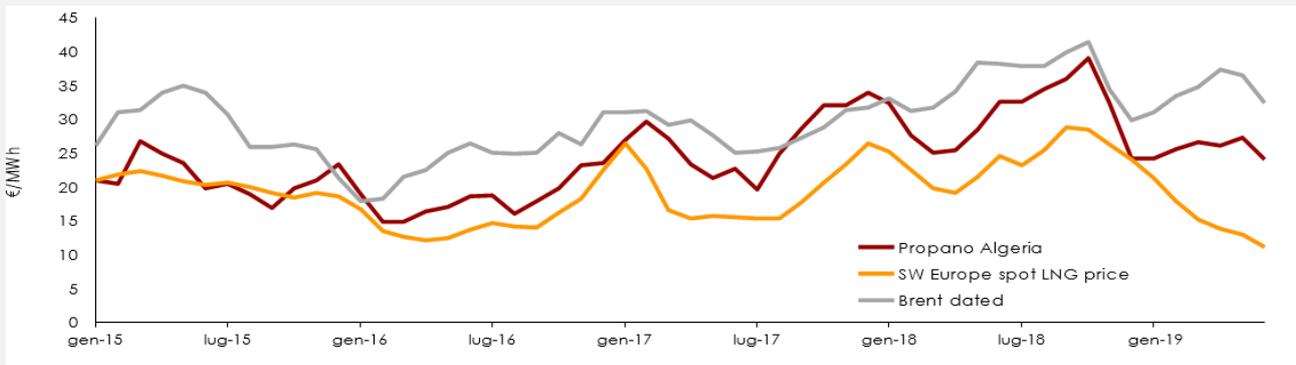
Consuntivo I semestre 2019

- Nel primo semestre 2019 si registrano i primi consumi di GNL nel Mediterraneo per l'attività di due imbarcazioni regolarmente operative («Aidanova» e «Hypatia de Alejandría») che possono essere stimati in circa 15.000 m³ (6.450 t circa), di cui due terzi per navigazione da crociera e un terzo per navigazione di traghetto.
- Si può evidenziare che le operazioni di bunkeraggio (sia truck to ship che ship to ship) in questa fase avvengono nel porto di Barcellona localizzato nel Mediterraneo Nord Occidentale, area in cui ricade parte dell'operatività delle navi interessate.
- Dal punto di vista delle supply chain di approvvigionamento del GNL emerge che:
 - nel caso della fornitura di truck to ship del traghetto «Hypatia de Alejandría» questa ricada integralmente nell'ambito del Mediterraneo Nord Occidentale considerando che le operazioni di truck loading delle autocisterne siano avvenute presso le facilities del terminale di rigassificazione di Barcellona;
 - nel caso della fornitura della Aidanova l'approvvigionamento di GNL della bunkership «Coral Methane), attualmente, avviene al di fuori del Mediterraneo e solo una parte delle operazioni di bunkeraggio ship to ship avvengono nelle acque del porto di Barcellona.

Competitività del GNL nel trasporto marittimo

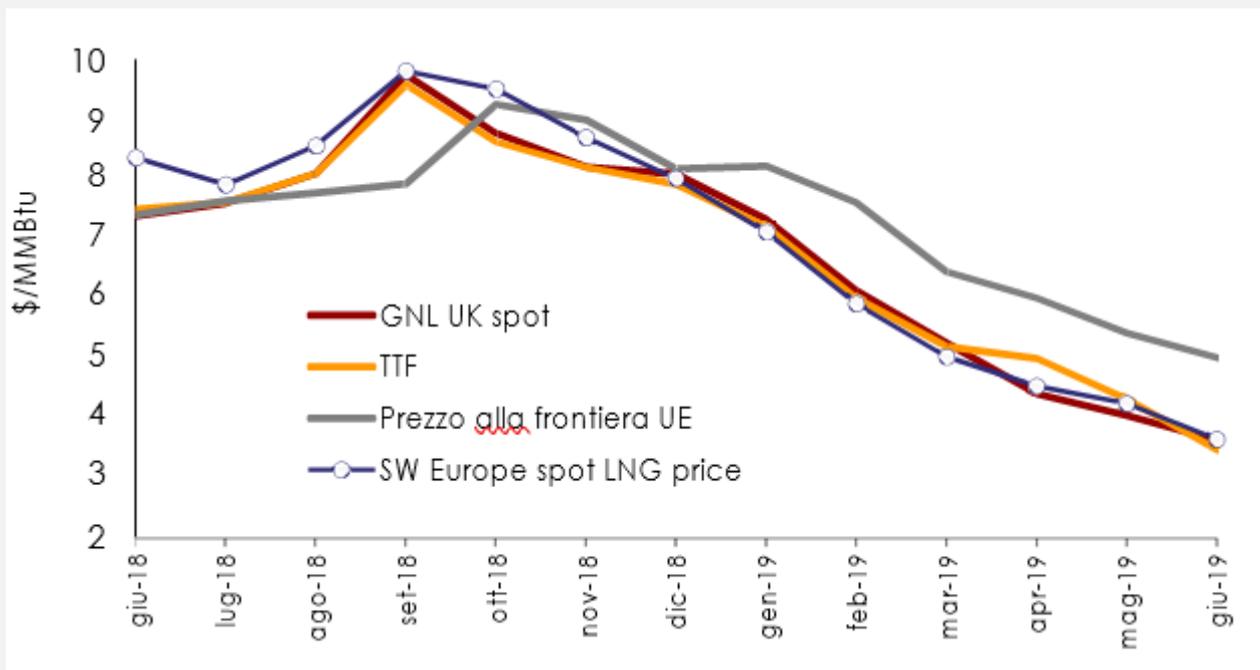
- Dopo avere subito un crollo negli ultimi mesi del 2018, nel primo semestre del 2019, il prezzo del petrolio, misurato dall'indice Brent, ha registrato una tendenza al rialzo fino ad aprile, quando ha invertito la tendenza e si è ridotto fino a raggiungere in giugno i 32.35 €/MWh, in linea con i valori del primo trimestre 2018.
- Nel primo semestre 2019, il prezzo dei contratti spot di GNL nel Mediterraneo ha seguito il proprio trend di decrescita iniziato a fine 2018. A dispetto del rialzo del prezzo del petrolio, i prezzi del GNL hanno continuato la propria corsa al ribasso raggiungendo in giugno il valore di 11 €/MWh, minimo della serie dal 2011.
- Anche nei primi sei mesi del 2019, l'andamento dei contratti Propano Algeria ha seguito quello del Brent, sebbene il trend rialzista dei primi mesi sia risultato meno intenso di quello del petrolio.
- Lo spread dei prezzi del petrolio e del GNL è aumentato significativamente nel corso del semestre. Infatti, al trend rialzista che ha caratterizzato il Brent fino ad aprile, si è contrapposta una rapida riduzione dei prezzi del GNL che hanno mantenuto il trend ribassista iniziato a fine 2018. Il differenziale dei prezzi è passato, così, dai 5.75

€/Mwh di dicembre 2018 ad oltre 21 €/Mwh di giugno 2019. Seppur con minore intensità, anche il differenziale tra Brent e il Propano Algeria è aumentato, passando dai 5.61 €/Mwh di dicembre 2018 ad oltre 8 €/MWh di giugno, dopo aver raggiunto un massimo di circa 11€/MWh in aprile, quando il Brent ha raggiunto il proprio picco nel semestre.

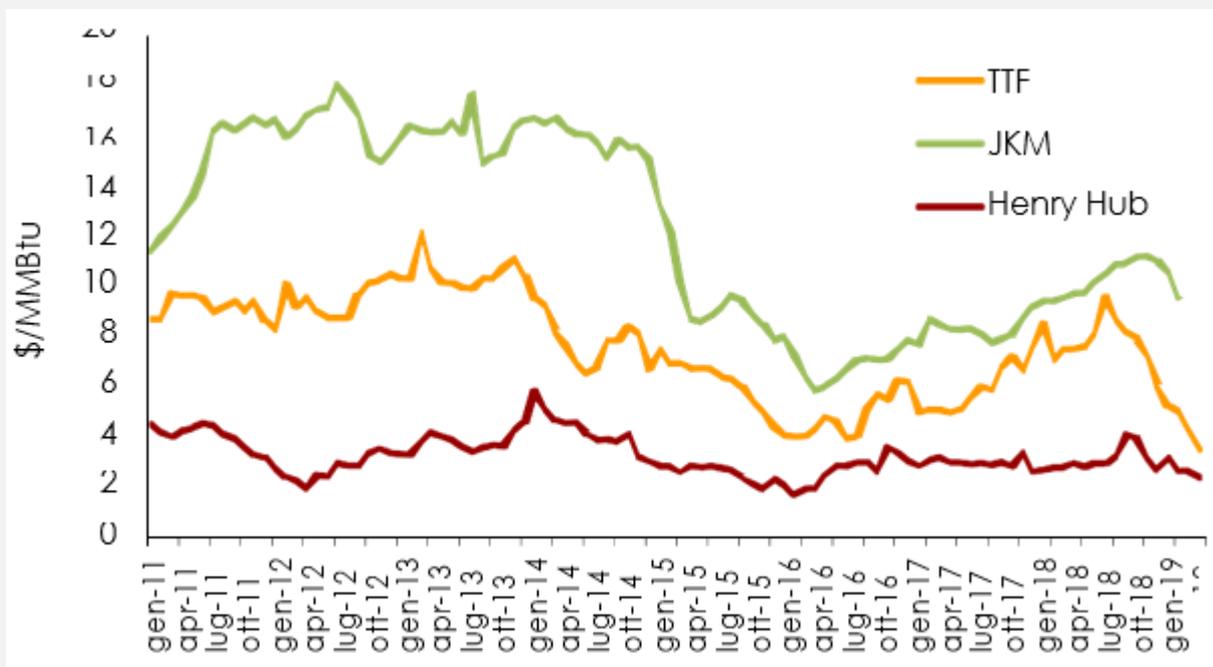


Prezzi del gas e del GNL

Nell'ultimo anno i prezzi del GNL in Europa hanno seguito un trend di rapida e costante riduzione, legato a quello del gas naturale. Da Dicembre 2018, il prezzo spot del GNL in Europa sud-occidentale si è allineata a quello del gas naturale al TTF, raggiungendo nel giugno 2019 i valori minimi dell'ultima decade (3.7 €/MMBtu),



Fino al 2014 i prezzi nelle tre principali aree mondiali erano caratterizzati da rilevanti differenze di prezzo. A partire dal 2015 gli spread dei benchmark europei e asiatici sono progressivamente diminuiti rispetto al riferimento americano. Per via delle forti indicizzazioni al petrolio e della crescente domanda, sebbene abbiano riscontrato un'inversione di trend nel corso dell'anno, i prezzi asiatici hanno seguito l'andamento del Brent: i differenziali con i prezzi europei sono, così, aumentati nel corso del primo semestre 2019 passando da circa 2€/MWh a 6€/MWh. In questo periodo, la rapida decrescita del prezzo TTF nel 2019 ha permesso, invece, di registrare una rilevante riduzione del differenziale tra il benchmark europeo e quello americano.



Differenziale tra prezzi spot del GNL e prezzi (franco bordo) dei combustibili per trasporto marittimo

Il forte ribasso dei prezzi spot del GNL nei terminali del mediterraneo durante il primo semestre 2019 ha indotto una rilevante crescita del differenziale rispetto ai prezzi (franco bordo) del gasolio marino, che è arrivato a 33,2 €/MWh nel mese di giugno. Anche nel caso degli olii combustibili utilizzati per il bunkeraggio, questo differenziale, che a dicembre 2018 era di 2,9 €/MWh, nel mese dicembre, ha avuto una forte crescita fino a 18,3 €/MWh alla fine del primo semestre 2019.

Tali valori confermano la competitività del GNL come combustibile marittimo che aumenterà a partire dal primo gennaio 2020 in quanto non più utilizzabili gli attuali olii combustibili. Con l'entrata in vigore il limite globale dello 0,5% di zolfo è atteso un

costo maggiore del 30-50% per i prodotti petroliferi per bunkeraggio conformi alla nuova normativa. Anche un aumento del solo 20% renderebbe strutturalmente più competitivo l'utilizzo del GNL rispetto all'utilizzo dei prodotti petroliferi < 0,5% S.



3. Consumi portuali, esempi di efficientamento e riduzione delle emissioni

Stima del fabbisogno energetico del porto di Livorno

La stima dei consumi si basa sui dati forniti dall’Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, in particolar modo sulle risposte a questionari diretti agli operatori. La valutazione è stata divisa in tre sezioni principali:

Consumi dovuti alla movimentazione delle merci su banchina e rimorchiatori.

Consumi dovuti alle navi in sosta.

Consumi elettrici e termici per altri utilizzi degli operatori (e.g. uffici, magazzini).

Consumi per movimentazione merci e rimorchiatori

Per ottenere una stima complessiva sull’intero porto si sono sommati i consumi annuali di tutti i mezzi di tutti gli operatori (l’Autorità portuale riporta che il gasolio è il combustibile principalmente usato per i mezzi da banchina). Di seguito si riportano gli operatori di cui non si hanno dati: Gruppo ormeggiatori, Intercontainers Livorno, Bartoli, Mariter, Porto commerciale, Livorno Est. Per stimare i consumi di questi operatori mancanti, si sono ottenuti il numero e tipologia di mezzi da riferimenti online e si sono moltiplicati per il consumo unitario di ogni tipologia di mezzo ricavato dai questionari presenti degli altri operatori. Di conseguenza, la stima è molto approssimativa e si aggira intorno ai 3 milioni di litri di gasolio annui (circa 30 GWh), per l’intero porto.

In Figura sottostante, sono visibili i consumi reali degli operatori indicati e le stime degli operatori mancanti.

Mezzi	Operatori (movimentazione merci ed rimorchiatori/ormeggiatori)										
	Terminal Darsena Toscana		Lorenzini & Co		Terminal Calata Orlando		Fratelli Neri		Aferpi		Totale consumi anno [!]
	Numero	Consumi totali 2017 [!]	Numero	Consumi totali 2017 [!]	Numero	Consumi totali 2017 [!]	Numero	Consumi media 16/17 [!]	Numero	Consumi totali 2017 [!]	
Gru	8	elettriche			?	79000	1	4185	3	elettriche?	83185
Reach stacker	20	710531									710531
Ralle	6	42319									42319
Locomotori									5	76426	76426
Mezzi pesanti					?	105000	?	105000	2	8866	218866
Fork lift	8	9599					1	542			10141
RTG	13	342110	4	172000							514110
GOTT			5	355000							355000
FAN.115			1	12000							12000
Flotta rimorchiatori							10	159235			159235
TOT		1104559		539000		184000		268962		85292	2181813

Consumi di combustibile tradizionale per ogni operatore e mezzo.

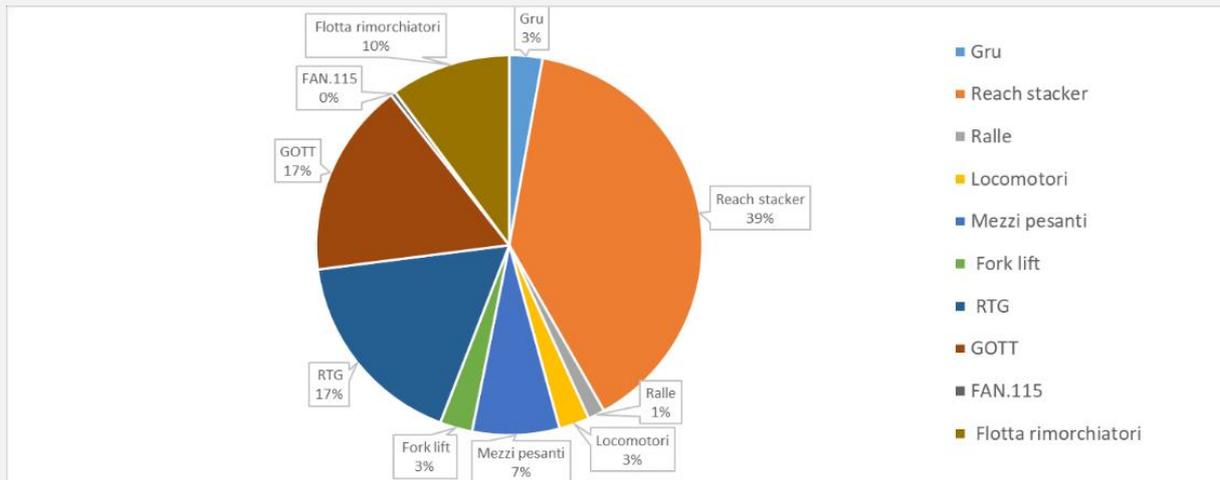
Mezzi	STIMA MANCANTI												Totale consumi anno [l]
	Gruppo ormeggiatori		Intercontainers Livorno		Bartoli		Mariter		Porto commerciale		Livorno Est		
	Numero	Consumi [l]	Numero	Consumi [l]	Numero	Consumi [l]	Numero	Consumi [l]	Numero	Consumi [l]	Numero	Consumi [l]	
Gru													
Reach stacker			5	177632.75	1	35526.55			3	elettriche?			
Ralle									6	213159.3	1	35526.55	461845.15
Locomotori													
Mezzi pesanti													
Fork lift					23	20031.5625	13	11322.1875	37	32224.6875	9	7838.4375	71416.875
RTG													
GOTT					2	142000							142000
FAN.115													
Flotta rimorchiatori	9	143311.5											143311.5
TOT		143311.5		177632.75		197558.113		11322.1875		245383.9875		43364.9875	818573.525

Stima dei consumi di combustibile tradizionale per ogni operatore e mezzo.

[Come termine di paragone sono riportati i dati di due terminal per container del porto di Rotterdam ed uno del porto di Valencia (Geerlings and Van Duin 2011; Martínez-Moya, Vazquez-Paja, and Gimenez Maldonado 2019):]

Terminal	Anno	TEU	Diesel [l]	Elettricità [kWh]	[l _{Diesel} /TEU]	[kWh _{ele} /TEU]
Porto di Livorno	2016-2017 (media)	767.280	3.000.387		3,91*	
Delta – Rotterdam	2006	4.300.000	17.654.322	47.142.857	1,42	10,96
Shortsea Rotterdam	2006	1.200.000	1.900.000	11.000.000	1,58	9,17
NCTV - Valencia	2011	1.915.000	6.103.408	19.203.800	3,19	10,03

*Probabilmente il consumo non è dovuto solo alle TEU ma anche ad altra tipologia di merce (e.g. liquid bulk, dry bulk, etc.). In totale, le TEU dovrebbero avere la % maggiore sui consumi.



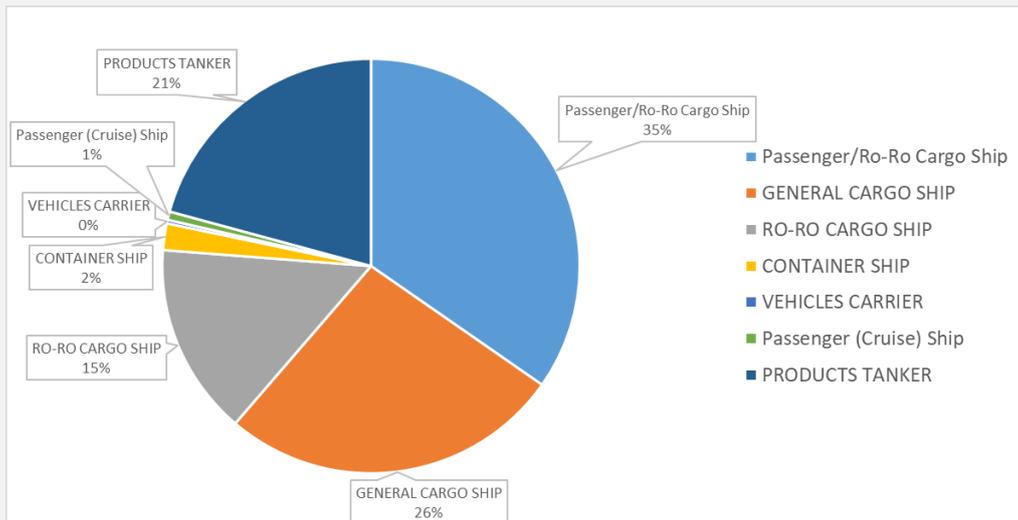
Contributo al consumo totale per ogni tipologia di mezzo.

Consumi delle navi in sosta

Per quanto riguarda la sosta delle navi, nel porto di Livorno c'è una banchina elettrificata ma non viene utilizzata. I dati forniti si riferiscono alle principali categorie di navi operanti ed i consumi energetici durante la sosta si basano su una stima realizzata utilizzando gli effettivi tempi di sosta delle navi e le potenze installate a bordo. Non si è a conoscenza dei tipi di combustibile (oli combustibile principalmente) e delle quantità consumate perché sono dati riservati che gli armatori non condividono. La seguente *Tabella 1* sintetizza i consumi delle navi in sosta stimati. Come si può vedere in rosso, il consumo complessivo annuale si aggira intorno a 12,3 GWh. Ipotizzando un rendimento dei motori del 30%, il consumo di energia primaria è di circa 41 GWh.

Dati navi in sosta con potenza massima dei generatori ausiliari inferiore a 1500 kW								
Tipo nave	Numero arrivi	Numero navi	Totale ore sosta	Media ore sosta	Totale potenza generatori (kW)	Media potenza generatori (kW)	Energia totale in sosta (kWh)	Media energia in sosta (kWh)
Passenger/Ro-Ro Cargo Ship	338	1	3617	11	399747	1183	4278196	12657
GENERAL CARGO SHIP	94	63	4519	48	70976	755	3274361	34834
RO-RO CARGO SHIP	61	3	1313	22	84023	1377	1843671	30224
CONTAINER SHIP	11	4	374	34	6619	602	255638	23240
VEHICLES CARRIER	4	2	27	7	4804	1201	34129	8532
Passenger (Cruise) Ship	5	5	74	15	5796	1159	80724	16145
PRODUCTS TANKER	1118	4	2885	3	991679	887	2558881	2289
Totale	1631	82	12809		1563644		12325600	

Caratteristiche e consumi navi in sosta.



Contributo al consumo totale in sosta per ogni tipologia di nave.

I circa 12.33 GWh annui si ipotizza che siano attualmente prodotti con motori a combustione interna con rendimenti medi operativi del 33% quindi con un consumo di diesel pari a 37 GWh. Considerato che il diesel ha un potere calorifico inferiore di 11.83 kWh/kg, ovvero di 10 kWh/l, questo consumo corrisponde a 3.700.000 litri di diesel.

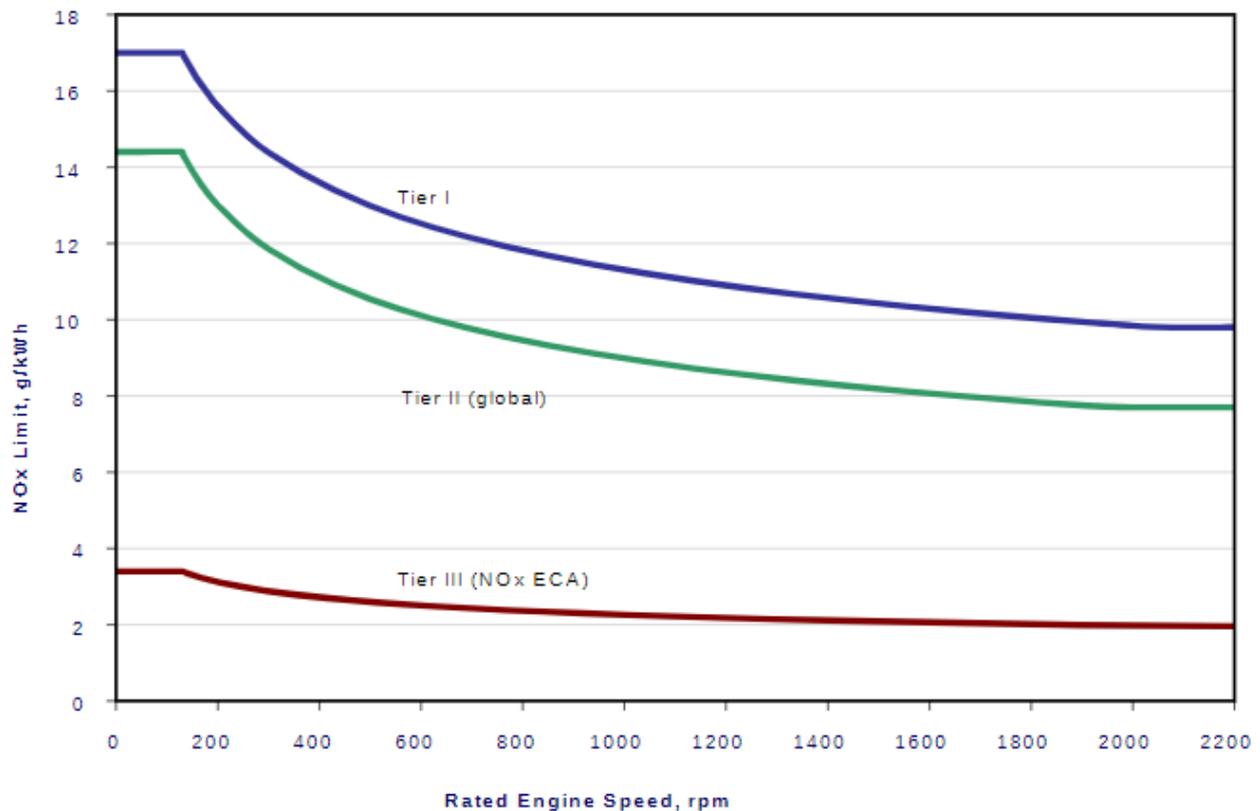
Considerando il fattore emissivo del diesel di 2.67 kg di CO₂ per litro (Source: U.S. Environmental Protection Agency. Emission Facts: Average Carbon Dioxide Emissions Resulting from Gasoline and Diesel Fuel) a quel consumo corrispondono 9879 tonnellate di CO₂ emessa.

Altri inquinanti come NO_x e SO_x sono normati dall'IMO nell'Annex VI ed hanno visto forti riduzioni nelle ultime decadi. Per quanto riguarda gli NO_x valgono però le normative al tempo della costruzione nave, quindi oggi giungono nei porti navigli con generatori di bordo ad elevate emissioni.

MARPOL Annex VI NO_x emission limits

Tier	Date	NO _x Limit, g/kWh		
		n < 130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Tier I	2000	17.0	45 · n ^{-0.2}	9.8
Tier II	2011	14.4	44 · n ^{-0.23}	7.7
Tier III	2016†	3.4	9 · n ^{-0.2}	1.96

† In NO_x Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).



In caso di alimentazione elettrica da banchina ovviamente le emissioni di CO₂, insieme a quelle di altri inquinanti, verrebbero localmente azzerate e globalmente ridotte visto il mix di produzione energetica attuale pari a meno di 300 gCO₂/kWh.

Fattore di emissione di gas serra del settore elettrico per la produzione di elettricità (g CO_{2eq} / kWh) nei principali Paesi europei e in EU28. Dati in ordine decrescente del valore del 2017.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
EU28	484,7	439,7	400,6	386,1	341,8	312,1	294,5	289,3
Polonia	822,5	788,3	768,2	742,3	716,2	666,3	651,0	641,4
Germania	640,3	606,1	535,7	499,8	468,9	450,1	446,7	413,2
Italia	575,9	546,9	497,8	477,7	391,0	324,6	311,9	307,7
Spagna	438,9	468,5	444,2	407,3	239,8	304,3	258,9	302,6
Regno Unito	696,0	562,4	488,8	507,4	468,0	371,9	295,0	263,4
Francia	111,3	75,4	76,5	80,0	76,5	55,0	60,2	68,4
Svezia	12,0	23,5	22,9	23,4	34,1	17,4	19,1	18,8

In generale risulta però difficoltosa l'elettificazione della banchina e la predisposizione delle navi all'alimentazione in corrente alternata da terra. Può essere pertanto presa in considerazione una alternativa a minor costo infrastrutturale: l'alimentazione da banchina tramite gruppi mobili di produzione dell'energia elettrica alimentati a GNL. In questo caso si ipotizza di fornire i 12.33 GWh con motori a combustione interna ottimizzati a rendimento medio più elevato, ca. 40%, quindi consumando 30.8 GWh di GNL, corrispondenti a 2.217.626 kg di GNL (potere calorifico del metano 13,9 kWh/kg) con emissioni di CO₂ di 6098 tonnellate (2.75 kg

CO2 per kg di metano); quindi una riduzione delle emissioni di CO2 del 40% rispetto alla produzione a bordo con gruppi diesel.

Per quanto riguarda gli NOx, nonostante le normative sempre più stringenti, il GNL garantisce una forte riduzione delle emissioni, oltre l'80%.

Il GNL riduce fortemente anche le emissioni di SOx e particolato.

Consumi elettrici e termici per altri utilizzi degli operatori

In merito a questo punto, sono ancora mancanti i dati di molti operatori. Di seguito, si riportano solamente i consumi elettrici medi (2016-2017) conosciuti.

	Energia Elettrica [kWh]
Terminal darsena toscana	8.714.461
Lorenzini & C	1.104.663
Costieri D'Alesio e Toscopetrol	2.497.358,5
Terminal Calata Orlando	48.272,5
Grandi Molini Italiani	100.000
FRATELLI NERI SPA	588.247
Masol Continental Biofuel srl	7.518.000
Aferpi (Piombino)	795.199,5
CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (sede distaccata)	72.256,5
CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (sede centrale)	81.572,5
Costiero Gas Livorno	1.997.086,5
Solvay Solutions Italia	10.093.178
TOT [kWh]	33.610.295

Consumi elettrici operatori (PARZIALE).

PCT's TYPICAL EQUIPMENTS

1. STS, Ship-to-Shore Gantry Crane
2. RTG, Rubber Tyred Gantry Crane
3. SC, Straddle Carrier
4. RS, Reach Stacker
5. TT, Terminal Tractor



Le azioni previste nell'ottica dell'efficiamento energetico e della riduzione delle componenti emissive locali sono principalmente due:

- Sostituzione del vettore energetico di alimentazione con l'adozione del vettore GNL e/o elettrico
- Adozione di sistemi ibridi per la movimentazione dei dispositivi logistici di banchina

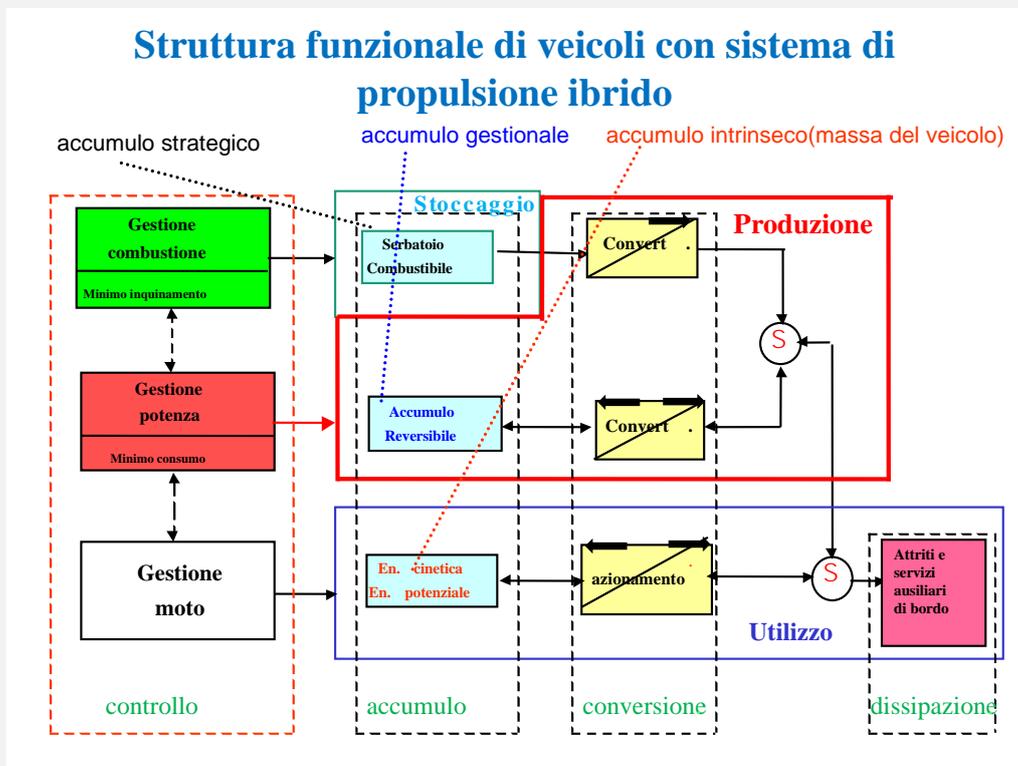
Veicoli con sistemi di propulsione ibridi.

I sistemi di propulsione ibrida elettrica si possono distinguere in ibridi serie, in cui la trazione avviene per mezzo di motori elettrici e tutta la potenza deve essere convertita in energia elettrica prima di essere utilizzata per la trazione, e ibridi parallelo, nei quali, invece, parte della potenza viene trasferita dalla fonte primaria al sistema di propulsione senza una conversione in energia elettrica.

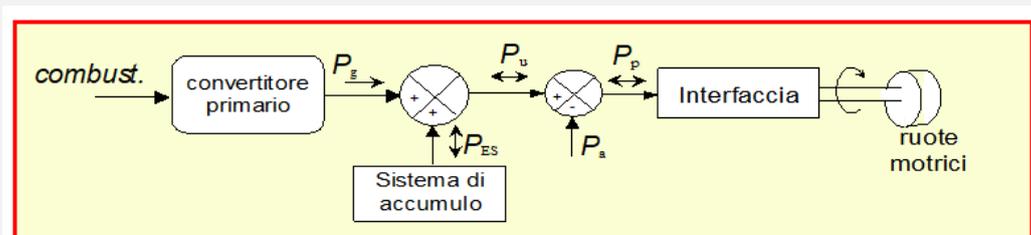
In ogni caso un sistema ibrido prevede un sistema di accumulo, sia per ottimizzare il rendimento e recuperare energia in frenatura, sia per sopperire alla richiesta

istantanea di potenza nelle fasi di accelerazione. Il motore primario, infatti, di solito dimensionato sulla potenza media e non su quella di picco, lavora a regimi pressoché costanti e in zona a basse emissioni garantendo la marcia del veicolo nelle fasi a velocità costante, mentre il sistema di accumulo fornisce l'energia necessaria nelle fasi di accelerazione. I sistemi di accumulo dell'energia più utilizzati sono di natura elettrochimica (batterie).

Nei sistemi di propulsione ibrida la presenza di più fonti energetiche destinate alla trazione crea la necessità di gestire adeguatamente i flussi di energia tra le fonti e tra di esse e il sistema di propulsione. Nella figura sottostante è rappresentato uno schema generale di propulsione ibrida con evidenziate le relazioni funzionali tra i vari componenti del sistema.



Gestione energetica di un veicolo ibrido



$$P_u(t) = P_g(t) + P_{ES}(t)$$

$$P_p(t) = P_u(t) - P_a(t)$$

P_a potenza assorbita dagli ausiliari

NOTA: Lo schema è generale e vale sia per gli ibridi serie che parallelo

RTG ibrida

Nonostante la sempre maggior attenzione volta alla riduzione dei consumi e delle emissioni inquinanti, non sono rari i casi industriali in cui sono ancora in uso macchinari datati e poco ottimizzati se confrontati con le soluzioni attualmente disponibili sul mercato. Esempi in questo senso sono presenti in ambito portuale e nelle rispettive darsene container dove spesso si registrano ampi margini di miglioramento dal punto di vista dell'efficienza energetica e delle emissioni inquinanti/acustiche.

Negli ultimi anni diversi porti e terminalisti hanno cominciato a ristrutturare e rinnovare spinti sia da ragioni di mitigazione dell'impatto ambientale che da motivazioni più strettamente economiche.

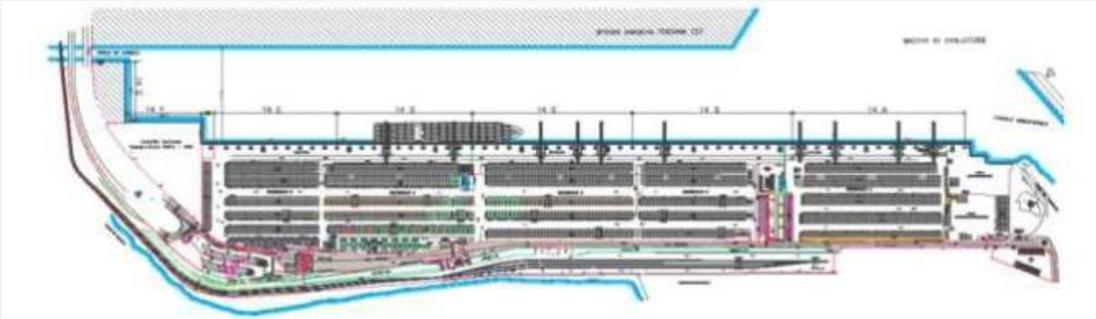
Il settore dei mezzi alimentati a combustibile per sollevamento e trasporto dei container è quello che ha destato il maggior interesse a causa del suo contributo alle emissioni inquinanti in loco e dei margini economici risultanti da possibili upgrade. Esempi di innovazione su questo fronte si riscontrano in molti porti di grosse dimensioni, dalla Cina all'America passando per l'Europa del Nord.

Larga parte dei consumi energetici di un terminal è legata al combustibile necessario per alimentare tutti i dispositivi di movimentazione non connessi alla rete elettrica: gru a portale (RTG), carrelli a braccio frontale, camion per la movimentazione interna/esterna e muletti per il sollevamento dei container vuoti. Un aumento dell'efficienza di questi mezzi comporterebbe, oltre al risparmio sui consumi di combustibile, una apprezzabile riduzione delle emissioni inquinanti e acustiche in sito.

Esempio Terminal Darsena Toscana

Il Terminal Darsena Toscana è la società che ha attualmente in concessione l'area del porto di Livorno destinata al traffico dei container merci. All'interno del terminal i container vengono movimentati tramite l'uso di diversi mezzi di trasporto e dispositivi di sollevamento. Il tipo di sistema scelto per la movimentazione del singolo container è vincolato alla logistica di gestione dello stesso container e quindi al fatto che debba essere temporaneamente stoccato o immediatamente inviato fuori dal porto tramite treno merci, camion ecc... Dato che però spesso si ha la necessità di stoccare temporaneamente i container in attesa di una successiva movimentazione, il TdT è dotato di un piazzale di 386000mq dove vengono impilati tali container.

Il piazzale serve dunque a compensare la differente capacità dei flussi marittimi e terrestri che non sempre coincidono.



Pianta del Terminal Darsena Toscana



Banchina del Terminal Darsena Toscana

Ai fini di movimentare nel modo corretto i vari container, il TdT è dotato di vari tipi di gru e dispositivi di sollevamento

- 9 Gru di banchina (STS)
- 14 Gru a portale (RTG)
- 20 Carrelli a braccio frontale

Sono inoltre utilizzati alcuni carrelli a braccio frontale appositamente pensati per la movimentazione dei container vuoti e molti camion che adempiono alle necessità di movimentazione orizzontale all'interno del piazzale.

Schematizzando, il sistema del terminal può essere suddiviso in quattro differenti sottosistemi.

- sotto sistema di carico scarico
- sotto sistema di stoccaggio nel piazzale

- sotto sistema di consegna e ricezione
- sotto sistema di trasporto orizzontale

Ognuno di questi sotto sistemi presenta delle specifiche peculiari in termini di processo e di macchinari utilizzati ma al tempo stesso interagisce in modo consistente con gli altri.



(a) STS crane



(b) reach stacker



(c) RTG crane

Sistema di carico scarico

Il sistema di carico/scarico è costituito dalle otto gru ship to shore (STS) che movimentano i carichi dalle navi alla banchina. Da questa poi i container vengono movimentati tramite dei sistemi di trasporto orizzontale (camion o simili). Tali gru STS sono alimentate elettricamente e sono responsabili di una quota molto significativa dei consumi elettrici del terminal.

Sistema di stoccaggio nel piazzale

È il sottosistema più grande da un punto di vista fisico, ricopre infatti la quasi totalità dei 386.000mq del Terminal. È di importanza fondamentale ai fini di una corretta gestione della movimentazione delle merci e la sua logistica è gestita nei minimi dettagli tramite un apposito software che si occupa della programmazione degli spostamenti dei singoli container. Infatti senza una oculata programmazione sarebbe impossibile gestire correttamente il flusso delle merci in arrivo.

Bisogna considerare infatti che quando le navi arrivano trasportano migliaia di container che vanno scaricati e opportunamente smistati il più velocemente possibile. Una gestione scorretta può comportare ritardi non consentiti nell'intero ciclo di lavoro, rischiando di compromettere gravemente l'operatività del Terminal nel suo complesso. Si capisce dunque come sia estremamente importante un'accurata gestione degli spazi del piazzale che per quanto grandi non risultano sovradimensionati rispetto al flusso merci del TdT. All'interno del piazzale per la

movimentazione dei container si usano delle gru a portale su gomma(Nel proseguo si farà riferimento alle stesse con l'acronimo inglese RTG, che sta per Rubber Tyred Gantry), queste si possono spostare fra le pile dei container così da andare a movimentarli quando richiesto.

Sistema di trasporto orizzontale

Questo sistema è quello che si occupa di collegare i due sopra citati andando a movimentare orizzontalmente i container all'interno delle varie aree del Terminal. Vengono utilizzati degli appositi camion e dei carrelli a braccio frontale.

Sistema di consegna e ricezione

In questa, che può essere considerata più una fase che un vero sottosistema, i container vengono movimentati dall'interno all'esterno del terminal (o viceversa) tramite l'uso di una apposita linea ferroviaria o di camion. Per il carico dei container su questi due mezzi vengono utilizzati gli stessi macchinari sopra citati.

Consumi energetici del TdT

Consumi elettrici

Il TdT presenta ingenti consumi elettrici. Questi sono dovuti principalmente a quattro tipologie di carichi:

- Containers Frigoriferi
- Gru STS
- Torri faro e illuminazione del piazzale
- Uffici

Si riporta qui sotto una tabella con i consumi per l'anno 2015 dei quattro gruppi sopra citati.

Consumi elettrici del TdT per l'anno solare 2015

	[MWh]	%
Container frigo	3.623	45.57
Gru STS	2.551	32.08
Illuminazione	1.135	14.27
Uffici	642	8.08
Totale	7,952	

Come anticipato i consumi elettrici del terminal sono cospicui e si attestano intorno agli 8000 MWh annui. Dalla tabella è evidente come gran parte di questi consumi siano dovuti all'allacciamento alla rete dei container frigo che vanno alimentati costantemente anche durante le fasi di stoccaggio, e alla potenza richiesta dalle gru STS per lo scarico e il carico dei container sulle navi.

Consumi di carburante

L'altra parte dei consumi energetici del Terminal e quella legata al carburante necessario per alimentare tutti i dispositivi di movimentazione merci non connessi alla rete elettrica, quindi le RTG, i carrelli a braccio frontale, i camion per la movimentazione interna e esterna e i muletti per il sollevamento dei container vuoti. Dal funzionamento degli stessi derivano tutte le emissioni inquinanti all'interno del terminal e di conseguenza un aumento dell'efficienza degli stessi comporterebbe, oltre al risparmio sui consumi di combustibile, una riduzione delle emissioni inquinanti in sito.

In tabella si riportano i consumi di combustibile suddivisi per i vari dispositivi che movimentano le merci.

Consumi di combustibile del TdT per l'anno solare 2015

	[L]	%
Gru RTG	380.850	28
Camion	394.159	29
Carrelli a braccio frontale	573.532	43
Totale	1.348.571	

In questo caso le quote di consumo sono distribuite abbastanza equamente tra i vari mezzi utilizzati.

Gru RTG

Le gru RTG non rappresentano l'elemento più energivoro in assoluto ma sono caratterizzate da una bassissima efficienza media: il motore a combustione interna è infatti dimensionato per coprire tutti i carichi che in fase di spunto al sollevamento si aggirano attorno ai 350kW ma con una potenza media richiesta dal sistema molto più bassa (dell'ordine dei 10kW). Per questo motivo il motore a combustione interna si trova frequentemente a lavorare in condizioni di forte parzializzazione con conseguenti ed elevati consumi specifici.

Ad oggi soluzioni di questo tipo sono da considerarsi obsolete, quando non del tutto anacronistiche, vista anche la considerevole riduzione dei prezzi dei sistemi di accumulo e conversione elettrica che oggi permettono di realizzare sistemi integrati molto più efficienti ed economicamente convenienti. Inoltre l'upgrade di tali sistemi risulta ancora più appetibile considerando che, già allo stato attuale, gran parte delle gru RTG utilizzano una frenatura elettrica in fase di discesa del container. L'energia così prodotta, che risulta essere una quota consistente di quella totale richiesta, viene attualmente dissipata su un reostato di frenatura perdendo quindi, di fatto, la possibilità di un recupero energetico.

Le soluzioni possibili per un upgrade delle gru RTG sono di tre tipi:

- elettrificazione completa del sistema
- accoppiamento del motore termico con opportuno sistema di accumulo
- utilizzo del gas naturale (GNL o GNC) nel motore a combustione interna (conversione di un diesel tradizionale in dual-fuel o adozione di motore a gas) in abbinamento al sistema di accumulo

Se da un lato l'elettrificazione completa comporta il quasi totale annullamento delle emissioni inquinanti interne alla zona portuale e un rendimento di sistema presumibilmente più elevato, d'altro canto è necessario predisporre opportuni sistemi di allacciamento elettrico tramite cavo o rotaia con conseguenti problematiche logistiche e di investimento economico. Inoltre in questo modo si rende il sistema ancor più dipendente dalla rete elettrica con interruzioni di servizio in caso di blackout.

La scelta di un'alimentazione ibrida comporta invece differenti vantaggi: indipendenza dalla rete, stessa libertà di movimento della gru di quella attuale e

minori, per non dire nulli, costi infrastrutturali. Chiaramente di contro si hanno delle ridotte ma pur sempre residue emissioni inquinanti e acustiche in loco, una residua dipendenza dei costi operativi dal prezzo del combustibile e probabilmente maggiori costi di manutenzione rispetto alla soluzione totalmente elettrica.

Nel caso di alimentazione del motore a gas naturale, sia esso in forma compressa o liquida, single-fuel o dual-fuel, si mantengono tutti i vantaggi legati all'ibridizzazione del sistema con maggiori benefici in termini di emissioni inquinanti.

Per quanto riguarda l'alimentazione a GNL è da sottolineare che la penetrazione di questo combustibile in ambito portuale aumenterà con decisione nei prossimi anni a causa delle normative sulle emissioni che stanno imponendo alla mobilità navale il passaggio a questo combustibile. Sono già presenti, in costruzione e in progetto, molti depositi costieri di GNL dedicati al rifornimento delle navi che avranno una notevole ricaduta anche sul trasporto terrestre pesante su gomma.

Le ipotesi più interessanti a causa dei ridotti costi infrastrutturali e dell'indipendenza dalla rete paiono quindi proprio queste ultime due: ibrido-diesel e ibrido-gas naturale.

Entrambe le soluzioni possono essere realizzate con componentistica normalmente disponibile sul mercato gestita da un sistema di controllo dedicato. La soluzione ibrida con utilizzo di GNL come combustibile, appare quella con più alto tasso di innovatività (sono noti studi e prototipi di gru RTG ibride e di gru RTG alimentate a GNL ma non di gru RTG ibride + GNL).



Andamento dei Carichi

$$P_{1max} = 350 [kW]$$

$$P_{3max} = 317 [kW]$$

$$P_{68max} = 194 [kW]$$

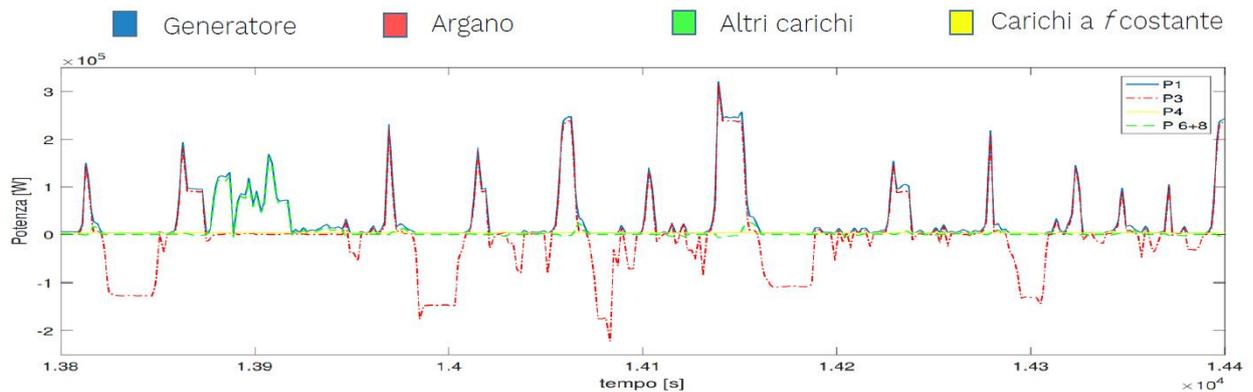
$$P_{4max} = 77 [kW]$$

$$P_{1med} = 17.5 [kW]$$

$$P_{3med} = 10.1 [kW]$$

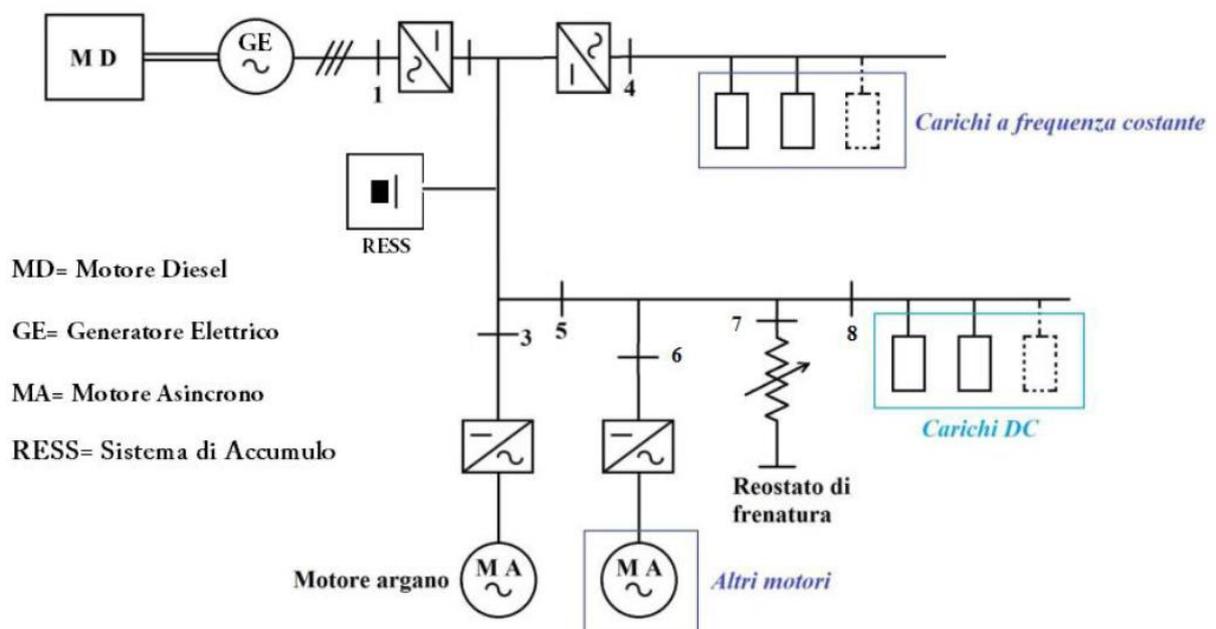
$$P_{68med} = 4.3 [kW]$$

$$P_{4med} = 2.7 [kW]$$

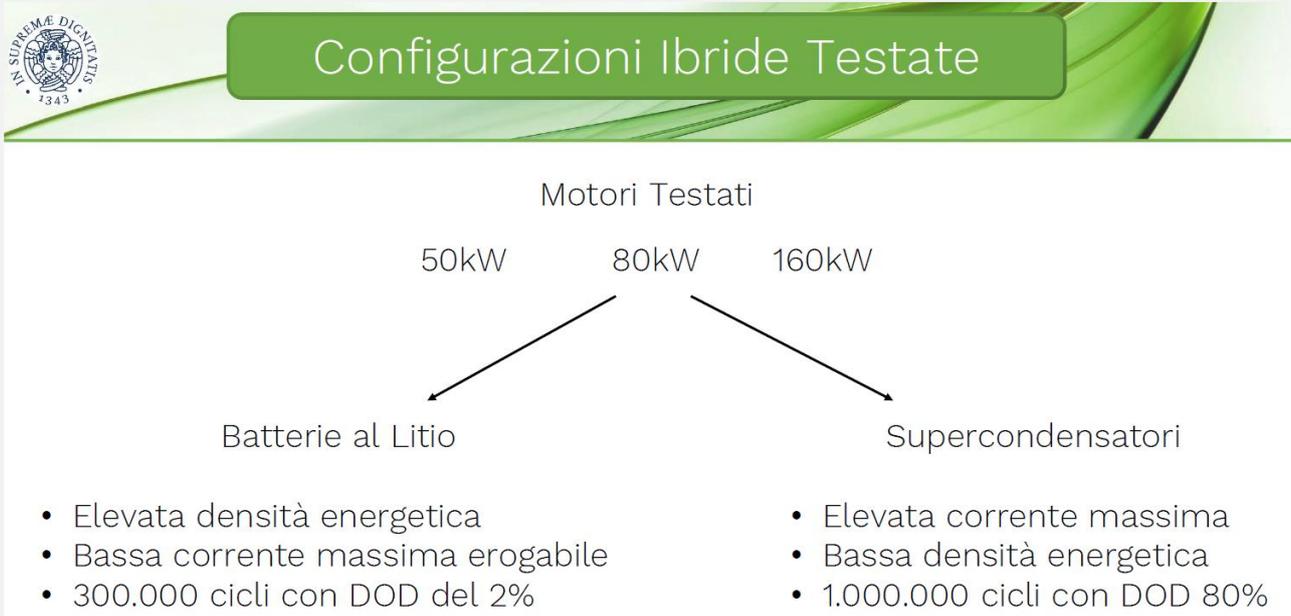


Carichi reali misurati su RTG

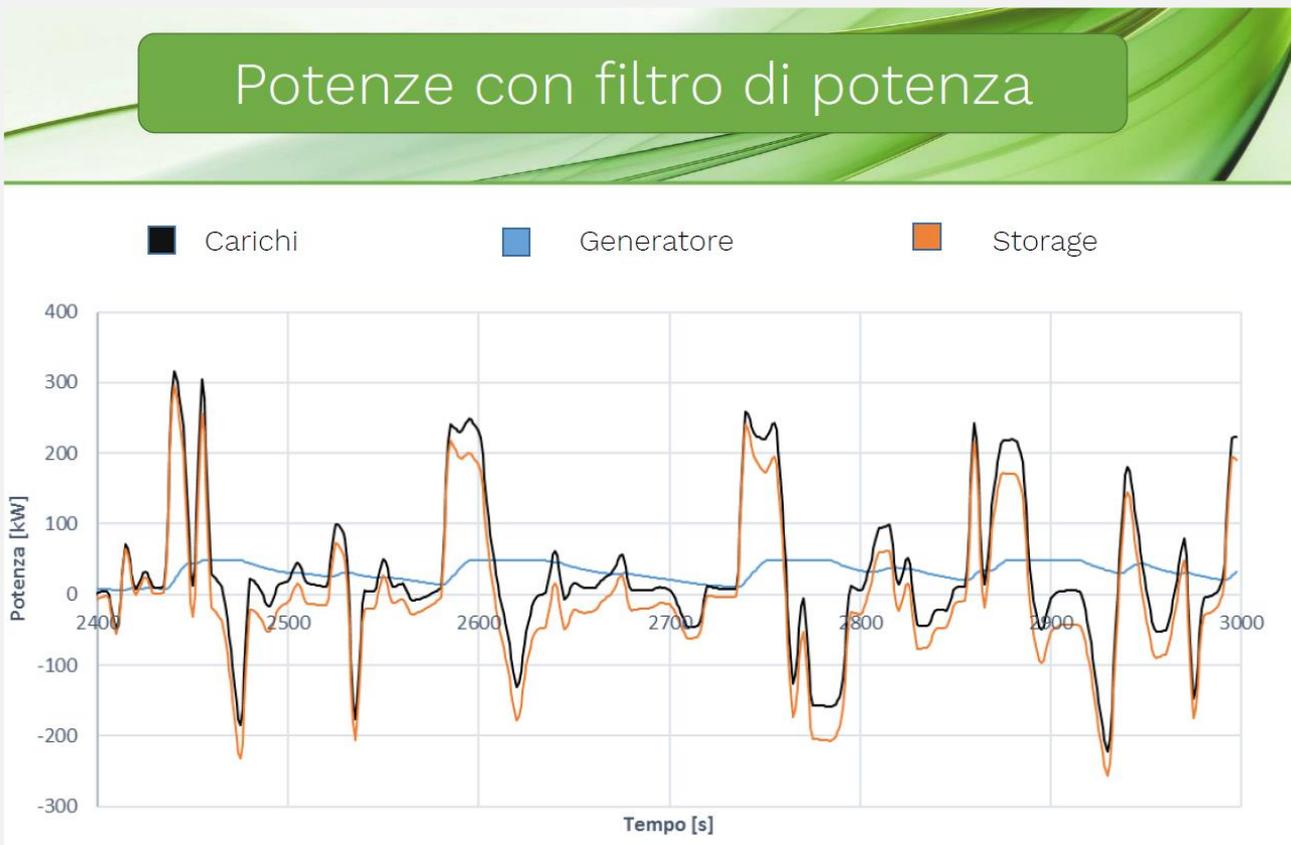
Architettura Ibrido-Serie



Una possibile proposta di architettura del sistema.



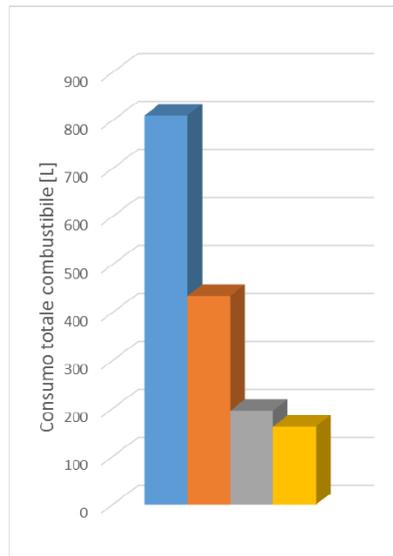
Differenti configurazioni simulate anche con differenti sistemi di accumulo.



Risultato di una configurazione ibrida, si noti la ridotta potenza erogata dal generatore (motore a combustione interna) rispetto a quella richiesta dai carichi.



Confronto consumi



■ Motore attuale	414kW ω variabile
	$\Delta f.c. = 46\%$
	$\eta_{ICE} = 26\%$
■ Motore attuale ω variabile	
■ Ibrido-serie 80kW-Li, filtro di potenza	Ibrido-serie 80kW-Li filtro P
	$\Delta f.c. = 76\%$
	$\eta_{ICE} = 35\%$
■ Ibrido-serie 160kW-Li (On-OFF)	Ibrido-serie 160kW-Li On-Off
	$\Delta f.c. = 80\%$
	$\eta_{ICE} = 42\%$

Riduzione dei consumi di combustibile per varie configurazioni simulate

Analisi economiche preliminari RTG

Cost analysis.

	Standard	HEV STD Li-bat	HEV STD SC stack	HEV A Li-bat	HEV B Li-bat	HEV A SC stack	HEV B SC stack
Parts							
ICE (k€)	41.4	41.4	41.4	16.5	3.6	16.5	3.6
EG (k€)	62.1	62.1	62.1	24.8	5.4	24.8	5.4
RESS (k€)	-	39.0	17.0	39.0	39.0	17.0	17.0
Total (k€)	103.5	142.5	120.5	80.3	48.0	58.3	26.0
Usage costs							
Fuel (k€/y)	26.1	18.3	18.3	10.5	10.5	10.5	10.5

Reach stacker

Activities Developed in Field



A preliminary activity was to mount back the Cummins engine on Kalmar Reach Stacker.



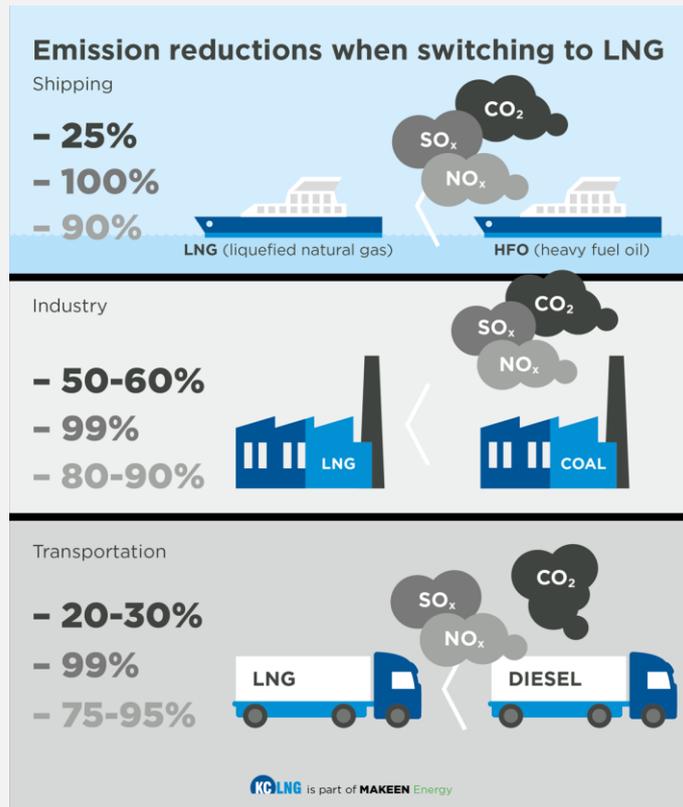
Developed Activities in Field

- DRF450 on board installation of d-gid dual fuel system.
- QSM11 Engine work validation after reassembling on vehicle. (static phase)
- DRF450 Reach Stacker validation test in field. (active work phase)
 - Original Diesel Test
 - Dual Fuel LNG Test
- Data acquisition and comparison.

-20% CO2

-100% particolato

-80% NOx



Ralla portuale



Si è preso a riferimento il modello esistente MAFI MT30 YT passo corto. Si riportano nella tabella seguente i dati utilizzati per il dimensionamento.

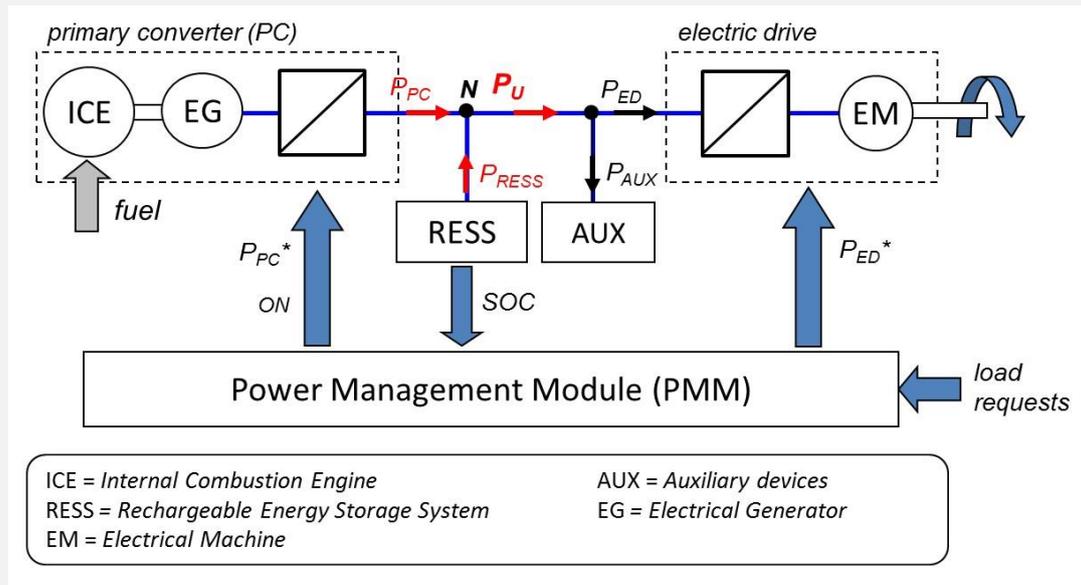
	MAFI MT30 YT
Massa a pieno carico (kg)	67500
Massa a vuoto (kg)	7500
Coefficiente di attrito a rotolamento	0,007
Raggio di rotolamento (m)	0,475
Sezione frontale (m ²)	7,0
Coefficiente di resistenza aerodinamica	0,65
Potenza ICE (kW)	172

Le specifiche prestazionali iniziali sono state definite prendendo a riferimento dati reali di utilizzo. Sono stati in particolare individuati tre scenari di impiego, descritti sotto. Per ciascuno di essi sono stati desunti gli andamenti della velocità del veicolo, del carico e del profilo altimetrico del percorso espressi in funzione del tempo. Per il profilo di velocità, sono stati assunti i seguenti valori di accelerazione:

- Accelerazione 0-20 km/h a pieno carico: 10 s.
- Accelerazione 0-20 km/h a vuoto: 3 s.
- Decelerazione 20-0 km/h: 10 s.

Relativamente alla pendenza, quest'ultima è stata considerata solamente nel terzo caso esaminato. Si è in particolare ipotizzato un valore pari al 7%, da affrontare a pieno carico alla velocità di 20 km/h.

Lo schema propulsivo adottato è riportato in figura sottostante. Come visibile sono presenti due sorgenti di energia: un convertitore primario, che produce energia elettrica a partire da un combustibile (PC), e un sistema di accumulo (RESS) di tipo elettrochimico: i due contributi si sommano in un nodo (N) di tipo elettrico, costituito da un bus DC. La potenza utile generata va ad alimentare l'azionamento propulsivo, collegato alla trasmissione meccanica del veicolo, e alcuni carichi ausiliari (AUX). Le strategie di controllo dell'azionamento e del convertitore primario sono gestite da un sistema di gestione energetica (PMM).



Caso A

- Le necessità energetiche per la propulsione e per i dispositivi ausiliari sono le medesime per il veicolo ibrido e per il veicolo convenzionale.
- Il consumo specifico medio del propulsore del veicolo convenzionale è stimato in 250 g/kWh.
- L'efficienza media della trasmissione è considerata pari all'80 %.

I risultati sono riassunti in Tabella 7.

Tabella consumi, Caso A

	Ciclo Piattaforma	Ciclo 1	Ciclo 2
Consumo veicolo ibrido (L/h)	7,9	5,5	5,6
Consumo veicolo convenzionale (L/h)	10,3	6,7	6,6
Variazione (%)	-23,6	-17,8	-15,5

Caso B

- Le necessità energetiche per la propulsione sono le medesime per il veicolo ibrido e il veicolo convenzionale.

- Lo schema a propulsione ibrida consente l'elettificazione di alcuni dispositivi ausiliari, riducendone l'assorbimento rispetto alla versione convenzionale: in quest'ottica l'assorbimento medio del sistema di sterzo è stato ridotto a 3 kW (-50 %), mentre l'assorbimento del sistema di movimentazione nelle pause è stato mantenuto invariato rispetto al convenzionale.
- Il consumo specifico medio del propulsore del veicolo convenzionale è stimato in 250 g/kWh.
- L'efficienza media della trasmissione è considerata pari all'80 %.

I risultati sono riassunti in Tabella 8.

Tabella consumi, Caso B

	Ciclo Piattaforma	Ciclo 1	Ciclo 2
Consumo veicolo ibrido (L/h)	7,0	4,7	4,8
Consumo veicolo convenzionale (L/h)	10,3	6,7	6,6
Variazione (%)	-31,9	-29,5	-27,8

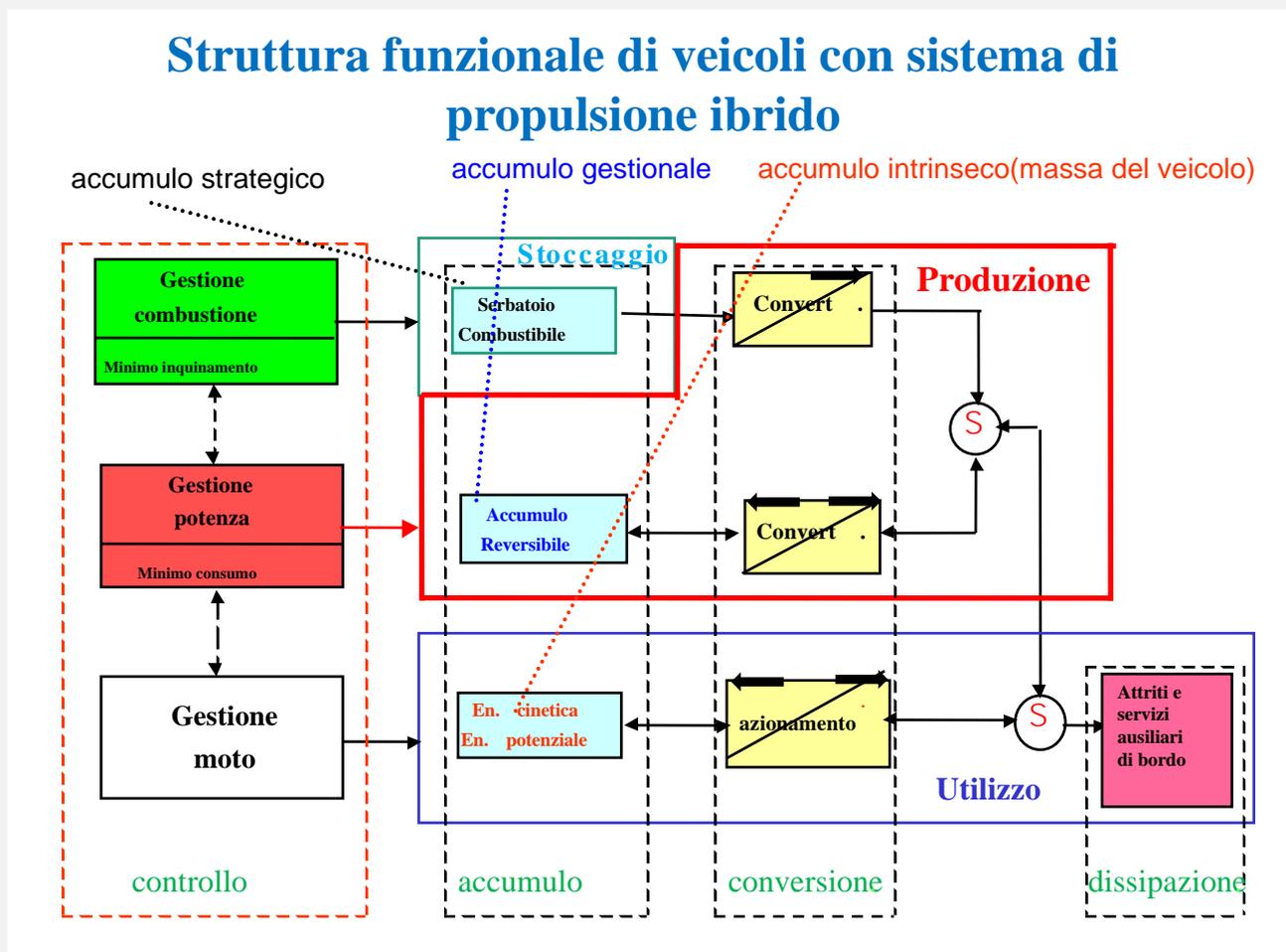
Come è possibile osservare l'elettificazione dei dispositivi ausiliari per l'ibrido, associata ad una conseguente riduzione dell'assorbimento di potenza, ha un impatto notevole verso una ulteriore riduzione dei consumi rispetto a quanto già osservato per il caso A.

Veicoli con sistemi di propulsione ibridi.

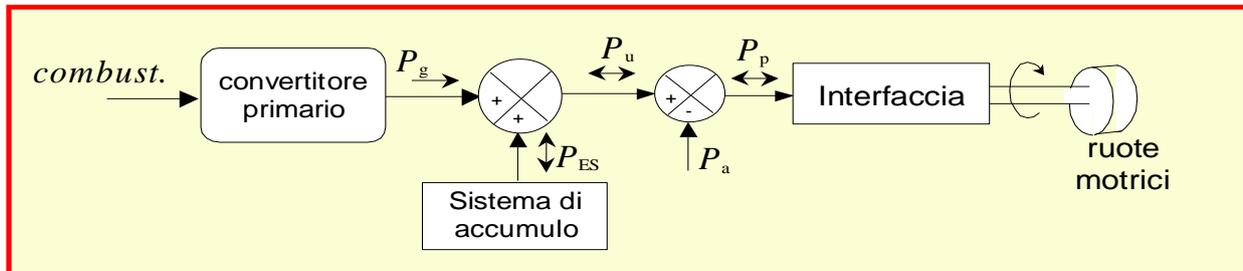
I sistemi di propulsione ibrida elettrica si possono distinguere in ibridi serie, in cui la trazione avviene per mezzo di motori elettrici e tutta la potenza deve essere convertita in energia elettrica prima di essere utilizzata per la trazione, e ibridi parallelo, nei quali, invece, parte della potenza viene trasferita dalla fonte primaria al sistema di propulsione senza una conversione in energia elettrica.

In ogni caso un sistema ibrido prevede un sistema di accumulo, sia per ottimizzare il rendimento e recuperare energia in frenatura, sia per sopperire alla richiesta istantanea di potenza nelle fasi di accelerazione. Il motore primario, infatti, di solito dimensionato sulla potenza media e non su quella di picco, lavora a regimi pressoché costanti e in zona a basse emissioni garantendo la marcia del veicolo nelle fasi a velocità costante, mentre il sistema di accumulo fornisce l'energia necessaria nelle fasi di accelerazione. I sistemi di accumulo dell'energia più utilizzati sono di natura elettrochimica (batterie).

Nei sistemi di propulsione ibrida la presenza di più fonti energetiche destinate alla trazione crea la necessità di gestire adeguatamente i flussi di energia tra le fonti e tra di esse e il sistema di propulsione. Nella figura sottostante è rappresentato uno schema generale di propulsione ibrida con evidenziate le relazioni funzionali tra i vari componenti del sistema.



Gestione energetica di un veicolo ibrido



$$P_u(t) = P_g(t) + P_{ES}(t)$$

$$P_p(t) = P_u(t) - P_a(t)$$

P_a potenza assorbita dagli ausiliari

12

NOTA: Lo schema è generale e vale sia per gli ibridi serie che parallelo

Locomotori di manovra.

Le due caratteristiche principali del tipico ciclo operativo di un locomotore di manovra sono di avere dei picchi di potenza alti a fronte della potenza necessaria per gli spostamenti a bassa velocità¹ ed un tempo di moto piccolo rispetto a quello in cui la macchina è ferma, ma impegna comunque una potenza di qualche decina di kW per mantenere in moto gli ausiliari: compressore, impianto di frenatura, ventilazione, condizionamento, ecc.

L'una e l'altra caratteristica del ciclo fanno sì che il valor medio della potenza complessivamente richiesta sia minore rispetto a quella massima installata a bordo per gli azionamenti (normalmente elettrici, in misura minore olio-dinamici) necessarie al trasferimento degli oggetti da movimentare, quindi la potenza del generatore primario (gruppo elettrogeno) può arrivare ad essere dell'ordine dei 15-20% della potenza massima. Le batterie, pertanto, devono essere in grado di erogare la potenza ulteriore necessaria durante le punte di domanda.

¹ Non si considerano ovviamente le missioni di soccorso e l'uso come locomotive da treno

Un sistema ibrido con accumulo in ambito ferroviario permette di:

- migliorare l'efficienza energetica del sistema consentendo di scegliere il punto di lavoro del motore primo con una certa libertà, ad esempio facendolo lavorare più prossimo alle condizioni di rendimento massimo di quanto l'erogazione per intero della potenza necessaria alla propulsione consentirebbe; in tal modo si possono anche ridurre in maniera sensibile le emissioni inquinanti in atmosfera,
- migliorare l'efficienza energetica del sistema consentendo di recuperare parte dell'energia cinetica immagazzinata nella massa del veicolo durante le frenate,
- può effettuare tratti a propulsione esclusivamente elettrica, quindi ad emissioni di sostanze inquinanti nulle e basse emissioni acustiche.

Di particolare interesse è l'ibridizzazione dei locomotori di manovra utilizzati negli scali ferroviari, oggi, fondamentalmente per la composizione dei treni per il trasporto merci.

Locomotore di manovra



Il servizio di manovra è soggetto a un'elevata variabilità. Pertanto ai fini del dimensionamento della locomotiva ibrida da manovra è conveniente fare riferimento

ad una definizione statistica del profilo di missione, a partire da un'analisi dei principali parametri che possono influenzare la variabilità del suddetto profilo. Si presuppone che i parametri d'influenza presentino nel campo di variabilità definito una distribuzione di tipo gaussiana. Il ricorso a una definizione statistica del profilo di missione consente da un lato di non sovradimensionare il sistema di accumulo della locomotiva e/o la potenza del motore primario, come invece avverrebbe prendendo a riferimento i valori estremi, e dall'altro di avere una sufficiente confidenza che il mezzo sia in grado di far fronte alla maggior parte dei casi che si possono presentare in esercizio, potendosi, per i pochi restanti casi, accettare una riduzione delle prestazioni in termini di potenza (ma non in termini di sforzo di trazione).

Si definisce servizio di manovra una successione di movimenti elementari, che, con riferimento alla figura 1, possono essere schematizzati come segue:



Fig. 1: Schema dell'impianto.

- Spostamento di una colonna di carri dal binario 1 all'asta di manovra.
- Arresto della colonna
- Tempo di attesa per formazione itinerario (ΔT_1)
- Inoltro della colonna nel binario 2
- Tempo di attesa per operazioni di aggancio/sgancio e formazione itinerario per il successivo movimento (ΔT_2)

Si suppone inoltre che il tempo di inutilizzazione della locomotiva, dovuto alla inevitabile discontinuità del servizio di manovra, sia distribuito in maniera casuale nell'arco di lavoro giornaliero. Viene pertanto inglobato nella definizione di movimento elementare anche un tempo di attesa ΔT_a fra un servizio e il successivo, che va ad aggiungersi ai tempi tecnici ΔT_1 e ΔT_2 sopra definiti.

I principali parametri che intervengono nella definizione del profilo di missione sono di seguito elencati.

- Massa totale del treno (esempio)

- Massa totale massima della colonna (compresa locomotiva) 1600 ton
- Massa minima (corrispondente alla locomotiva isolata) 62 ton
- Lunghezza del treno:
 - Lunghezza massima circa 500m
 - lunghezza minima (corrispondente alla locomotiva isolata) 13 m
- Tempo di attesa complessivo per operazioni inerenti la formazione treno e itinerario:

Ponendo $\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2$ e supponendo che ΔT_1 e ΔT_2 risultino variabili fra 1 minuto e 5 minuti risulta che per ogni movimento di manovra elementare:

$$\Delta T_{\max} = 10 \text{ minuti}$$

$$\Delta T_{\min} = 2 \text{ minuti}$$

- Spostamento della colonna minimi e massimi possono essere calcolati come segue:
 - Spostamento massimo

$$S_{\max} = (1800 - 50 - L) + (100 + 50) + L + L + (50 + 100 + 50) + (1700 - 50 - L) = 3750 \text{ m}$$

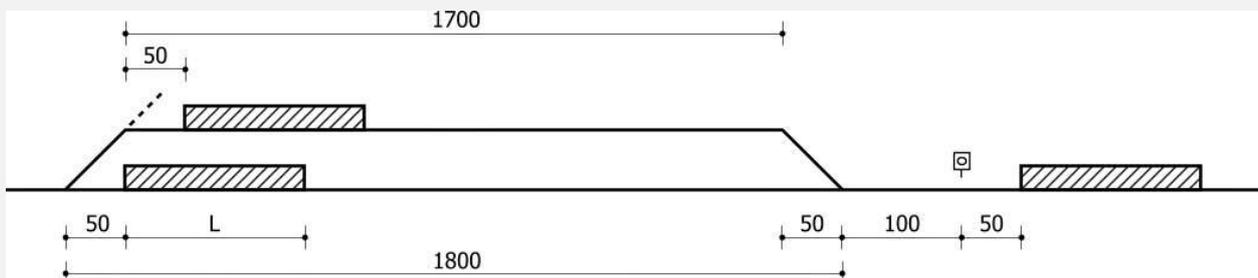


Fig. 2: Spostamento massimo.

- Spostamento minimo

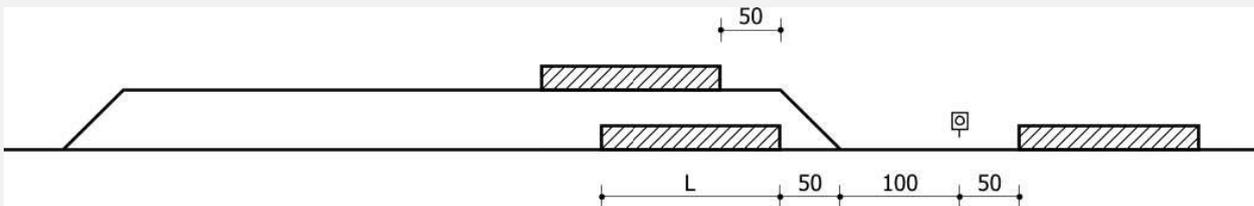


Fig. 3: Spostamento minimo.

$$S_{\min} = (50+100+50) + L + L + (50+100+50+50) = 450 + 2L \text{ m}$$

Se ad esempio $L = 450 \text{ m}$

$$S_{\max} = 3750 \text{ m}$$

$$S_{\min} = 1350 \text{ m}$$

Al fine di valutare le energie e le potenze necessarie a compiere un ciclo elementare, come descritto sopra, si è effettuata una simulazione con riferimento all'uso di un locomotore di manovra tipo D141 (in uso presso le ferrovie dello stato FS) che compie il seguente ciclo:

- *60 secondi di stazionamento iniziale,*
- *Spostamento di una colonna di carri dal binario 1 all'asta di manovra per uno spazio di 1475m.*
- *Arresto della colonna e tempo di attesa per formazione itinerario: 126 secondi,*
- *Inoltro della colonna nel binario 2 (spazio 1475),*
- *Tempo di attesa per operazioni di aggancio/sgancio e formazione itinerario per il successivo movimento: 126 secondi,*

con le seguenti caratteristiche di moto:

- *Velocità massima di spostamento 30 km/h (la velocità è limitata dalla presenza degli scambi)*
- *Resistenza al moto indipendente dalla velocità = 30N/ton*
- *Nessuna limitazione di prestazione in potenza rispetto alla curva caratteristica sforzo velocità della locomotiva.*

e con i parametri di influenza indicati nella seguente tabella

	simbolo	unità di misura	valore max	valore minimo	media
massa complessiva del treno	M	ton	1.600	62	831
lunghezza spostamento	L	m	3.750	855	2.303
tempi di attesa	ΔT	sec	600	120	360
% tempo di inutilizzazione	P _i	%	30	10	20

Nella tabella seguente vengono riportati i valori dei flussi di potenza in kW complessivi per ciascun componente del veicolo.

Potenza max di trazione	330
Potenza max recuperata dalla trazione	67
Potenza max generata dall'accumulo	220

Potenza max recuperata dall'accumulo	167
Potenza max generata	120
Potenza max dissipata	0
Potenza max assorbita dagli ausiliari	10

Si può notare come a fronte di una potenza nominale di 1400kW del locomotore D141, si può utilizzare per l'ibridizzazione di quel locomotore di manovra un gruppo elettrogeno di circa 200kW (maggiorando un po' la potenza massima richiesta nel ciclo considerato per avere un margine per poter poi trasferire i convogli fino alla stazione più vicina ad una velocità maggiore di 30km/h).

Nella tabella seguente sono indicati i flussi di energia in kWh nei componenti del veicolo per effettuare il ciclo elementare descritto che ha una durata di circa 24 minuti di cui circa 6 di inattività.

Energia di trazione	85.4
Energia accumulo netta	53.8
Energia accumulo generata	57.5
Energia accumulo recuperata	3.7
Energia assorbita dagli ausiliari	4.0
Consumo totale gasolio litri	2.2
Consumo gasolio per km	7

Rispetto al consumo del D141 su questo ciclo elementare che si attesta sui 4,5 litri si ha un riduzione di consumo di circa il 50% dovuta, fondamentalmente, al fatto di far funzionare un motore diesel molto più piccolo nel punto di lavoro in prossimità del massimo rendimento mentre il D141 funziona mediamente a poco più del 10% della sua potenza nominale durante il percorso di trasferimento.

Locomotore di manovra in puro elettrico bimodale.

Un locomotore elettrico bimodale è un normale locomotore elettrico alimentato da linea con pantografo a cui si aggiunge un sistema di accumulo dell'energia elettrica con accumulatori elettrochimici. Questo tipo di veicolo può percorrere tratti di linea ferroviaria senza essere alimentato dalla linea di contatto ma sfruttando l'energia degli accumulatori elettrochimici.

Nel caso di impiego come locomotori di manovra essi possono operare su una infrastruttura, non fornita della linea di contatto, di collegamento delle banchine alle linee nazionali di trasporto, utilizzando l'energia elettrica accumulata e poi ricaricare gli accumulatori quando si inseriscono nella infrastruttura ferroviaria alimentata con linea di contatto (normalmente la stazione ferroviaria da cui prelevano e riportano i convogli carichi/scaricati in banchina).

Questo tipo di soluzione veicolare permetterebbe di non usare combustibili nella movimentazione portuale con treni annullando le emissioni di gas combustibili localmente e riducendo anche l'inquinamento acustico.

Con riferimento al ciclo di manovra elementare per la formazione di un convoglio di circa 450m illustrato in precedenza, l'energia elettrica necessaria all'effettuazione del ciclo sarebbe circa 90kWh, considerando che per il trasporto del convoglio di 1600t per 8km fino alla stazione più vicina si utilizzerebbero circa 200kWh e per riportare un convoglio di vagoni vuoti fino al porto si consumerebbero circa 50kWh, si perviene alla necessità di un accumulo di circa 340 kWh. Utilizzando un coefficiente di sicurezza pari a 2 si dovrebbero installare a bordo circa 700kWh di accumulatori elettrochimici che, con le tecnologie al Litio oggi più commerciali, comporterebbe un incremento del peso di circa 500kg (di pressoché nullo effetto rispetto alle circa 13t di peso del locomotore).

A titolo di esempio prendendo in considerazione il "Comprensorio di Livorno-porto di Livorno" si ha una movimentazione annuale di circa 2400 convogli che non vengono formati in banchina ma solo trasferiti dalla stazione di Tombolo alla banchina normalmente sempre a pieno carico di circa 1500t, su un percorso di circa 8 km, con un consumo annuale di 480MWh di energia elettrica per la trazione. La stessa attività effettuata con gli attuali locomotori richiederebbe circa 200000 l di gasolio.

Rimorchiatori

Esistono già esempi commerciali di rimorchiatori ibridi e alimentati a GNL.



EMISSION REDUCTION UP TO

27%

in CO₂ and savings in fuel oil

POWER RANGE UP TO

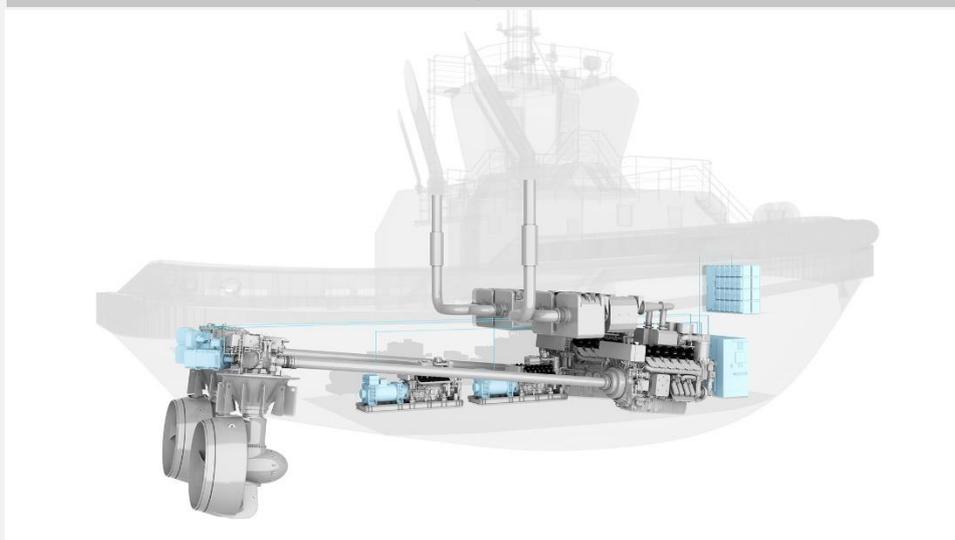
2,5 MW

per propulsor – based on MAN 12V175D engines

BOLLARD PULL

80t

based on MAN 12V175D engines





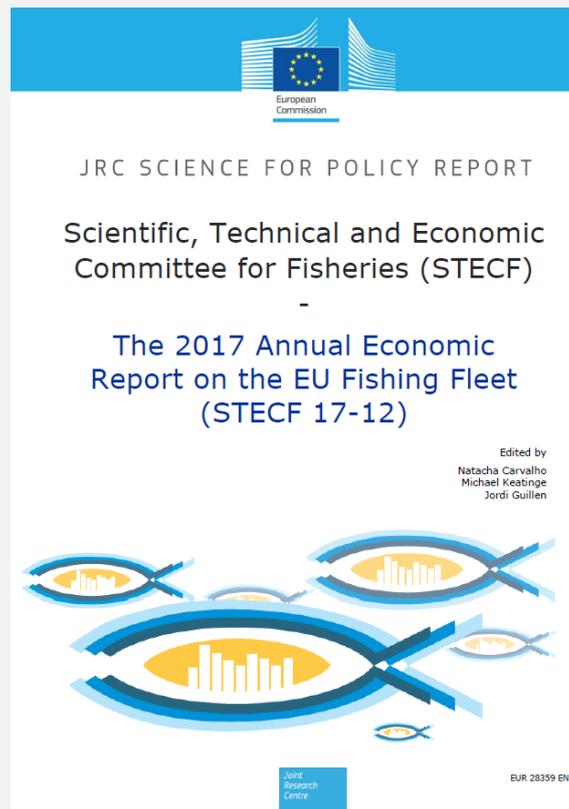
Wärtsilä HY sets a new benchmark

Wärtsilä HY is the first, integrated hybrid power module in the marine market. An alternative to belching smokestacks, this green and efficient propulsion module was developed by maximising synergies in the group. With Wärtsilä as a single supplier, it is a new benchmark in alternative propulsion.



Pescherecci

Dal documento Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) - The 2017 Annual Economic Report on the EU Fishing Fleet (STECF 17-12) sono stati tratti i consumi relativi alla porzione di flotta italiana che si potrebbe prestare ad una conversione a GNL.



In particolare l'attenzione è stata focalizzata sulla Large Scale Fleet (LSF) contenuta in Table 5.54 Italy: National fleet statistics and economic performance results by fishing activity. (Data source: MS data submissions under the DCF 2017 Fleet Economic (MARE/A3/AC(2017))); All monetary values have been adjusted for inflation; constant prices (2015))

Sono stati quindi elaborati gli ultimi dati reali relativi all'anno 2015 escludendo le proiezioni successive.

		LSF										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017*	
Total number of vessels	(#)	4,452	4,386	4,351	4,286	4,099	3,894	3,944	3,895	3,816	3,816	
Vessel tonnage	(thousand GT)	164	161	155	149	142	135	136	136			
Engine power	(thousand kW)	848	832	808	791	753	723	732	732			
FTE	(#)	11,923	11,559	11,242	10,638	10,890	10,043	11,315	11,581	11,311	11,311	
Total employed	(person)	15,627	15,269	14,888	14,675	14,361	13,483	13,819	13,208	12,929	12,929	
Days at sea	(thousand day)	600	630	598	571	523	508	502	484	474	474	
Fishing days	(thousand day)	563	600	576	548	505	503	502	494			
Number of fishing trips	(thousand)	539	567	536	516	477	476	470	454			
Energy consumption	(million litre)	369.7	369.0	343.4	332.3	278.2	247.8	271.9	334.0	325.6	325.6	
Live weight of landings	(thousand tonne)	183.7	195.5	189.3	173.6	164.7	145.4	148.6	161.3	155.2	155.2	
Value of landings	(million €)	911.3	960.7	892.3	832.2	694.1	637.9	610.0	676.6	678.9	674.9	
Income from landings	(million €)	911.3	960.7	892.3	832.2	694.1	637.9	610.0	676.6	678.9	674.9	
Other income	(million €)	8.1	5.2	4.3	3.6	4.7	3.9	4.8	2.8	2.6	2.6	
Direct income subsidies	(million €)	32.7	13.5	23.5	11.6	7.3	12.5	17.0	-			
Income from leasing fishing rights	(million €)						0.5	1.2				
Wages and salaries of crew	(million €)	208.2	282.5	246.1	203.4	164.1	170.6	152.8	187.6	188.8	187.7	
Unpaid labour value	(million €)	0.9	2.7	2.0	1.3	1.7	1.6	1.6	1.0	1.0	1.0	
Energy costs	(million €)	285.8	188.7	218.3	258.1	227.2	186.4	196.2	175.2	110.5	132.4	
Repair & maintenance costs	(million €)	35.9	35.7	34.4	31.9	29.4	27.6	28.1	30.5	29.9	29.2	
Other variable costs	(million €)	114.7	120.9	113.4	103.4	84.2	72.5	55.7	57.0	55.6	54.2	
Other non-variable costs	(million €)	35.6	36.3	32.9	30.8	28.3	20.9	21.9	24.0	23.6	23.0	
Annual depreciation costs	(million €)	160.0	165.3	156.0	152.5	130.0	114.2	118.2	122.5	119.2	116.2	
Rights costs	(million €)	-	-	-	-	-	-		-	-	-	
Opportunity cost of capital	(million €)	8.2	25.5	16.3	16.3	12.1	14.9	13.4	8.2	7.7	3.9	
Tangible asset value (replacement)	(million €)	717.4	733.3	679.6	666.0	572.6	500.1	499.1	510.6	481.9	469.7	
Fishing rights	(million €)											
Investments	(million €)	62.8	63.7	51.0	25.1	20.0	7.0	13.6	11.1			
Gross Value Added	(million €)	447.2	584.2	497.6	411.7	329.7	334.4	312.9	392.6	461.9	438.7	
GVA to revenue	(%)	48.6	60.5	55.5	49.3	47.2	52.1	50.9	57.8	67.8	64.8	
Gross profit	(million €)	238.1	299.1	249.5	207.0	163.9	162.2	158.5	204.0	272.1	250.0	
Gross profit margin	(%)	25.9	31.0	27.8	24.8	23.4	25.3	25.8	30.0	39.9	36.9	
Net profit	(million €)	69.9	108.3	77.2	38.2	21.7	33.1	26.9	73.4	145.2	129.9	
Net profit margin	(%)	7.6	11.2	8.6	4.6	3.1	5.2	4.4	10.8	21.3	19.2	
Return on fixed tangible assets	(%)	10.9	18.2	13.8	8.2	5.9	9.6	8.1	16.0	31.7	28.5	
GVA per FTE (labour productivity)	(thousand €)	37.5	50.5	44.3	38.7	30.3	33.3	27.7	33.9	40.8	38.8	

La flotta di pescherecci LSF è composta da 3895 pescherecci che hanno consumato 334 milioni di litri di gasolio, corrispondenti quindi a circa 3340 milioni di kWh in termini di energia (10 kWh/l LHV gasolio). Ipotizzando una conversione della flotta con sostituzione del combustibile (mantenendo inalterata l'efficienza di conversione tramite motori a combustione interna), questo fabbisogno può essere coperto con circa 238600 tonnellate di GNL.

Riferendosi ad un peschereccio medio della flotta, esso consuma in un anno 85750 litri di gasolio che potrebbero trasformarsi in circa 61250 kg di GNL.

In termini di CO2 emessa si passerebbe da 228500 kg CO2 (densità gasolio 0.846 kg/l e 3.15 kgCO2/kg di gasolio) a 168400 kg CO2 (2.75 kgCO2/kg di GNL) con una riduzione di circa il 25%.

In analogia a quanto citato in precedenza si avrebbero sostanziali riduzioni in termini di particolato ed NOx emessi.



In termini economici, assumendo i prezzi al bunker dei combustibili si può prevedere una sostanziale riduzione dei costi associati al combustibile in caso di conversione a GNL.

Di fatto però questo aspetto deve tenere conto della logistica di distribuzione e soprattutto della fiscalità a cui sono, e saranno, soggetti questi combustibili (gasolio per la pesca e GNL).

Un ulteriore beneficio derivante dall'adozione del GNL su un peschereccio riguarda la possibilità di recuperare il freddo durante il processo di rigassificazione per usi di bordo nelle celle frigorifere. In particolare, considerando di recuperare freddo dal GNL fino alla temperatura di -30°C , il potenziale freddo recuperabile è di 0.21 kWh termici per ogni kg di GNL (considerando un analogo ciclo frigorifero con $\text{COP}=1.5$ risulterebbero 0.14 kWh elettrici risparmiati per ogni kg di GNL rigassificato).

Un'altra possibilità è quella di accumulare il freddo sotto forma di ghiaccio da utilizzare anch'esso per la conservazione del pescato.

4. Conclusioni

Con riferimento agli attuali consumi si può vedere che le azioni indicate di efficientamento e riduzione delle emissioni locali sia con il cambiamento del vettore da diesel a GNL che l'ulteriore penetrazione del vettore elettrico, si ottengono sia consistenti risparmi energetici che notevoli riduzioni in termini di emissioni.

Nella tabella seguente sono riportate le stime delle variazioni percentuali sia in termini di consumi energetici che di emissioni di CO2.

Mezzi portuali	Alimentazione attuale (Elettrico, Diesel)	Riduzione consumi da ibridizzazione	Riduzione consumi ed emissioni locali da elettrificazione	Possibile passaggio a GNL	Ulteriore riduzione consumi (e CO2) con GNL
Gru banchina	E				
Reach stacker	D	-10% ... -20%		X	-10% ... -20 %
Ralle	D	-30%		X	-10% ... -20 %
Locomotori	D	-35% ... -50%	-100 %	X	-10% ... -20 %
Fork lift	D		-100%	X	-10% ... -20 %
RTG	D	-50% ... -70%		X	-10% ... -20 %
Altre gru	D/E	-40% ... -60%	-100%	X	-10% ... -20 %
Rimorchiatori	D	-20% ... -30%		X	-10% ... -20 %
Navi in banchina	D		-100%	X	-40%

A titolo di esempio nella seguente tabella sono riportati i risparmi energetici e la riduzione delle emissioni locali di CO2 nel caso del porto di Livorno.

Mezzi portuali	attuale gestione		Ipotesi di conversione a gnl		Ipotesi di adozione sistemi ibridi diesel		Ipotesi di adozione sistemi ibridi a GNL		Ipotesi di adozione sistemi ibridi a GNL + elettrificazione	
	diesel [klitri]	CO2 [t]	GNL [t]	CO2 [t]	diesel [klitri]	CO2 [t]	GNL [t]	CO2 [t]	GNL [t]	CO2 [t]
Reach stacker	1172	3130	843	2319	938	2504	675	1856	675	1856
Ralle	42	113	30	81	30	79	21	59	21	59
Locomotori	200	534	144	384	120	320	86	237	0	0
Fork lift	82	218	59	157	82	218	59	161	0	0
RTG	514	1373	370	988	154	412	111	305	111	305
altre gru	509	1359	366	978	204	544	146	403	0	0
rimorchiatori	303	808	218	581	212	565	152	419	152	419
navi in sosta	3700	9879	2218	6100	3700	9879	2662	7320	0	0
TOT	6522	17413	4248	11587	5439	14521	3913	10760	959	2638
Riduzione emissioni CO2				-33%		-17%		-38%		-85%