

Manovre ferroviarie nelle aree portuali e GNL: lo studio sul porto di Genova

Ing. Andrea ZORATTI
Istituto Internazionale delle Comunicazioni - Genova



Step compiuti nell'analisi

1. Analisi delle più significative applicazioni già esistenti sul mercato
2. Raccolta della normativa di riferimento
3. Esame dello stato dell'arte delle manovre ferroviarie all'interno del porto di Genova
4. Individuazione dei locomotori usati per il case-study e delle relative caratteristiche tecniche
5. Caratterizzazione di differenti soluzioni tecniche di refitting dei locomotori
6. Valutazione dell'impatto dell'intervento di refitting su prestazioni, emissioni, consumi
7. Valutazione economiche
8. Considerazioni sulla omologazione e sulla infrastruttura di ricarica

Applicazioni già esistenti sul mercato

Ferrovie indiane “Indian Railways”

Florida East Coast Railway

Ferrovie Spagnole Renfe

Linea Bilbao – León, progetto CEF 2016

CORE LNGas, Porto di Tarragona, progetto CEF 2014

Porto di Klaipeda, Lituania



Applicazioni già esistenti sul mercato

Ferrovie Russe (Rossijskie Zeleznye Dorogi - RZD)

Primo locomotore a GNL nel 2014

Accordo con Gazprom 2015-2025 per rifornimenti

Piano per Ferrovie Sverdlovsk da 3 a 22 unità LNG entro il 2023

Locomotiva di manovra T3M19 alimentata con GNL sviluppata nel 2014:

1.300 ore di operatività in normali condizioni di esercizio, per oltre **19.000** carri movimentati.

Risparmio nei costi di gestione intorno al 24% rispetto a alimentazione diesel tradizionale.



Normativa di riferimento

Norme di carattere generale

- ✓ Direttiva 2014/94/CE sullo sviluppo delle infrastrutture per combustibili alternativi nell'Unione Europea
- ✓ Direttiva 2010/35/UE - Transportable Pressure Equipment Directive
- ✓ Direttiva 2008/68/CE - trasporto interno di merci pericolose su strada, ferrovia e vie navigabili
- ✓ ISO 12991: 2012 "Serbatoi per stoccaggio a bordo come combustibile per veicoli automobilistici"
- ✓ UNI EN 13645 "Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) - Progetto di installazioni di terra a capacità di stoccaggio fra 5t e 200t"
- ✓ UNI EN 16903 "Industrie del petrolio e del gas naturale - Caratteristiche del GNL che influenzano la progettazione e scelta dei materiali"
- ✓ Circolare VV.FF 3819/2013 – Guida tecnica e atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi a impianti di alimentazione a GNL con serbatoio criogenico fuori terra a servizio di stazioni di rifornimento.
- ✓ Circolare VV.FF 5879/2015 - Guida tecnica e atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi a impianti di alimentazione a GNL con serbatoio criogenico fuori terra a servizio di impianti di utilizzazione diversi dall'autotrazione.

Normativa di riferimento

Norme specifiche

Regolamento emesso da UNECE - United Nations Economic Commission for Europe:

- ✓ UNECE 110R “Specific components for vehicles using CNG and LNG in their propulsion system ”

Standard tecnici nazionali emessi da ANSF - Agenzia Nazionale della Sicurezza Ferroviaria:

- ✓ ANSF 1/2015 “Riordino normativo, standard tecnico, sottosistema materiale rotabile. Locomotive da manovra il cui impiego è limitato nell’ambito delle località di servizio del Sistema Ferroviario Italiano”
- ✓ ANSF n. 1/2017 del 20/6/2017 - AMIS “Linee guida per il rilascio dell’autorizzazione di messa in servizio di veicoli e sottoinsiemi strutturali e dell’autorizzazione all’utilizzo di applicazioni generiche, prodotti generici e componenti”.

Le manovre ferroviarie all'interno del porto di Genova

FuoriMuro Servizi Portuali e Ferroviari S.r.l. è dal 2010 la Società che gestisce in esclusiva, su incarico dell'Autorità di Sistema Portuale, le manovre ferroviarie all'interno del Porto di Genova.

FuoriMuro movimentata nel Porto di Genova 130.000 carri ferroviari annui ed effettua ogni giorno una coppia di treni tra il sud della Francia (Miramas-Marsiglia) e Castelguelfo (Parma) via Ventimiglia, raggiungendo settimanalmente anche le località di Mortara (Pavia), Borgo San Dalmazzo (Cuneo), Valdaro (Mantova) e San Giorgio di Nogaro (Udine).



Le manovre ferroviarie all'interno del porto di Genova

FuoriMuro impiega attualmente differenti tipi di motrice, in particolare alcuni esemplari di locomotore diesel **LHB 530C** della Linke-Hofmann-Busch tedesca, fabbricato negli anni 60-70, acquistati di seconda mano e oggetto di retrofitting.

Nell'ambito del potenziamento della propria flotta, FuoriMuro disporrà a regime di una flotta di 25 motrici di questo tipo e ha mostrato interesse a valutare le potenzialità di alimentazione di tali veicoli con GNL.



Le manovre ferroviarie all'interno del porto di Genova

I principali punti di attenzione che devono essere approfonditi sono:

- **La valutazione della convenienza economica in termini di costi di esercizio**
Ad oggi il consumo medio di gasolio si aggira su 16 lt/h, che corrispondono indicativamente a 20.000 lt. di gasolio/anno
- **La soluzione ingegneristica relativamente al posizionamento a bordo del serbatoio del gas**
In caso di alimentazione dual-fuel, diventa necessario ridurre la dimensione del serbatoio di gasolio
- **La logistica di approvvigionamento**
tenendo conto che questi locomotori operano in aree limitate e tipicamente si ricoverano in alcuni punti fissi, nei quali potrebbero essere installate le infrastrutture di ricarica
- **Possibilità di una stazione locale di liquefazione alimentata dalla rete gas**
Soluzione che ridurrebbe fortemente l'esigenza di stoccaggio ed eliminerebbe il problema del trasporto del metano liquefatto fino al punto di consegna

I locomotori usati per il case-study

La scelta del case-study è ricaduta sui locomotori LHB 530C di proprietà di Fuorimuro di Genova, grazie al forte interessamento di tale società nello studio e la conseguente disponibilità a supportare e fornire utili suggerimenti nelle varie fasi di sviluppo dell'attività



La coopération au cœur de la Méditerranée
La cooperazione al cuore del Mediterraneo

I locomotori usati per il case-study

Con la collaborazione di *Ecomotive-Solutions*, società specializzata nella costruzione e retrofitting di motori a gas liquefatto per veicoli industriali, sono state delineate alcune linee guida a partire dalla motorizzazione preesistente sulle LHB 530C, costituita dal motore MTU 6V396

Marca:	MTU
Modello:	6V396
Alimentazione:	Diesel
Sovralimentazione:	Biturbo
N° cilindri:	6 a V
Potenza max nominale (vuoto):	525 kW a 1800 giri/min
Potenza effettiva:	465 kW a 1680 giri/min
Velocità max rotazione:	1932 giri/min a vuoto
Velocità nominale al minimo:	750 giri/min con erogazione di 60 kW
Peso:	2300 kg c.a.
Consumo di carburante:	220 g/kwh
Consumo medio di carburante in esercizio:	16 litri di gasolio/ora
Capacità dell'attuale serbatoio di gasolio:	1300 litri



Soluzioni tecniche di refitting dei locomotori

Quattro possibili approcci:

- **Conversione** del preesistente motore diesel in:

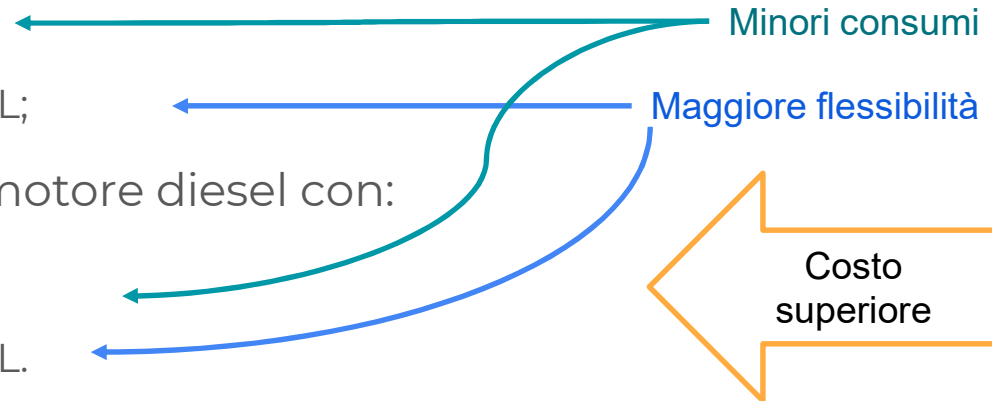
[a] un motore tutto GNL;

[b] un motore dual-fuel diesel/GNL;



- **Sostituzione** del preesistente motore diesel con:

[c] un motore tutto GNL;

[d] un motore dual-fuel diesel/GNL.



Soluzione mista dual-fuel

	<p>Trasformazione meno costosa</p> <p>Alta flessibilità operativa</p> <p>Abbattimento emissioni rispetto al solo gasolio</p>	<p>Complessità impiantistica</p> <p>Massimo utilizzo del metano solo a pieno carico</p> <p>Limiti dimensionali per presenza di serbatoi di entrambi i combustibili</p>	
---	--	--	---

Nel caso in esame la soluzione dual-fuel, pur con minore investimento iniziale, non porterebbe significativi risparmi nei costi di gestione e avrebbe limitato sul beneficio ambientale. È stato scelto, con il supporto dei tecnici di FuoriMuro e di Ecomotive Solution, di non approfondire ulteriormente tale scelta.

Conversione del motore da ciclo Diesel a ciclo Otto Metano

Il motore Diesel prodotto da MTU verrebbe convertito per l'utilizzo di metano e biometano come unico carburante alternativo, di tipo compresso CNG, o liquefatto GNL.

La conversione del motore da ciclo Diesel a ciclo Otto per uso di Metano comporta molti interventi sulla meccanica e sull'impianto elettrico ed elettronico del veicolo.

La conversione presenta una significativa complessità e le successive fasi di tuning e di funzionamento prototipale richiedono parecchio tempo.

Installazione di un nuovo motore 100% metano

Completa sostituzione del motore attualmente presente sul locomotore con uno di nuova generazione, che nasce già come 100% metano.

E' stato in particolare preso a riferimento il motore ESC16MF, definito come "Spark Ignited Multi Fuel", proposto da *Ecomotiv Solutions*, basato sul motore CURSOR16 prodotto da FTP.

CURSOR16 è un motore a gas multi-combustibile: può infatti essere alimentato da differenti tipologie di combustibili alternativi, in particolare gas naturale, biometano, syngas (gas di sintesi), GPL.

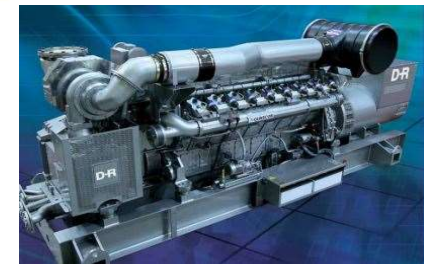
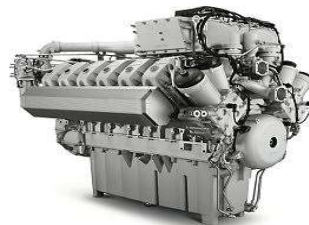
Questa soluzione non è ovviamente l'unica, esistono diverse soluzioni altrettanto valide



Installazione di un nuovo motore 100% metano

Altre possibili scelte:

- MAN E3262 LE202
- PERKINS 4012TESI
(gruppo Caterpillar)
- MITSUBISHI GS12R-MPTK
- GUASCOR SFGLD360
(gruppo SIEMENS – DRESSER-RAND)



Va rilevato come il mercato di motori a GNL per le applicazioni ferroviarie sia attualmente inesistente e si deve quindi prendere in considerazione motori nati per altre applicazioni industriali.

Elementi aggiuntivi conseguenti al cambio di motorizzazione

La definizione completa di tutti i componenti che devono essere installati a corollario del nuovo motore necessita di un progetto esecutivo di dettaglio che esulava dagli obiettivi dello studio.

I principali componenti utili a caratterizzare l'intervento sono:

- ✓ serbatoio/i criogenico per il contenimento del GNL
(ipotizzati 1-2 serbatoi da 450 litri diametro 650 mm lunghezza 2000 mm)
- ✓ linee di interconnessione motore in acciaio INOX AISI316 conformate su misura con set raccordi per sistemi criogenici
- ✓ cablaggio interfacciamento motore dedicato
- ✓ sistema di monitoraggio GPS/GPRS
- ✓ staffe, canalizzazioni e fittings meccanici per l'installazione dell'impianto
- ✓ sistemi di sicurezza aggiuntivi, da valutare anche in funzione del processo di omologazione

Impatto su emissioni, prestazioni, consumi

La scelta di convertire l'alimentazione dei locomotori da manovra da diesel a GNL, al di là della valutazione sulla scelta tecnica ottimale, implica una serie di impatti rilevanti dal punto di vista della sostenibilità dell'intervento, in termini di costi diretti per l'operatore, legati alle prestazioni e più in generale all'esercizio del nuovo mezzo, e indiretti in termini di riduzione dell'esternalità legata all'ambiente.

Dall'analisi svolta appare evidente come l'utilizzo del GNL in ambito ferroviario sia ancora allo stato sperimentale: non è quindi possibile ricavare dalla letteratura valutazioni mirate e consolidate su tali impatti.

Si è scelto quindi di utilizzare la letteratura tecnica esistente sull'uso del GNL nell'ambito della trazione stradale per ottenere valutazioni anche per il caso ferroviario

Impatto su emissioni, prestazioni, consumi

Impatto ambientale

Nel progetto CEF CORE LNGas viene riportata una valutazione tratta da specifici studi sull'ambito ferroviario, che indicano le seguenti riduzioni rispetto a equivalenti motori ad alimentazione diesel:

- ✓ CO₂: 20%
- ✓ NO_x: 70%
- ✓ CO: 70%
- ✓ particelle: >70%

Questi valori sono risultati essere in linea con i valori in letteratura relativi all'ambito stradale

Impatto su emissioni, prestazioni, consumi

Prestazioni e costi di esercizio

I costi di esercizio risultano differenti da nazione a nazione in funzione dei diversi regimi di tassazione (compreso il caso italiano del recupero delle accise per determinati tipi di utilizzo). Da alcuni sondaggi fatti presso gli operatori del settore, una ragionevole stima dell'attuale costo netto in Italia può essere fatta sulla base di 1 €/lt per il gasolio e di 0,5 €/lt per il GNL. (valutazione puramente indicativa che richiede ulteriori approfondimenti di scenario)

	GASOLIO (ciclo diesel)	METANO (ciclo otto)
Energia convertibile dal motore sull'albero / lt	3,9 kWh/lt	2,6 kWh/lt
Litri di carburante/kWh	0,26	0,38
Costo indicativo carburante	1 €/lt	0,5 €/lt
Costo indicativo / kWh	0,26 €	0,19 €
Risparmio stimato nella conversione diesel>>>GNL	c.a. 25%	

Valutazioni economiche dell'investimento di retrofitting

Le valutazioni che sono state fatte sono forzatamente indicative e partono dalle indicazioni fornite dalla società Ecomotive Solutions. Sono tuttavia utili per fornire un primo quadro dell'impatto economico che l'intervento di metanizzazione delle motrici di manovra potrebbe richiedere.

Costi per unità
(IVA esclusa)



- Conversione del motore da ciclo Diesel a ciclo Otto Metano: **60.000 €**
- Fornitura del motore ESC16MF-NG: **70.000 €**
In alternativa: noleggio del motore ESC16MF-NG per il periodo minimo di 6 mesi di test, riscattabile o riconsegnabile alla fine di tale periodo: **6.000 €/mese**
- Serbatoio criogenico: **15.000 €**
- Materiali vari: **10.000-15.000 €**
- Sviluppo e test preliminare a banco, previsti indicativamente 10 giorni lavorativi: **10.000 €**
- Installazione, previsti indicativamente 10 giorni lavorativi: **10.000 €**
- Test e collaudo, previsti indicativamente 10-15 giorni lavorativi: **10.000 - 15.000 €**
- Omologazione primo esemplare: una tantum **80,000 - 100,000 €**

Considerazioni sulla rete di ricarica

La disponibilità di un'adeguata struttura di rifornimento del GNL all'interno dell'area portuale costituisce una condizione imprescindibile per la fattibilità del progetto di metanizzazione dei locomotori di manovra.

Il tema della stazione di stoccaggio del GNL all'interno del porto di Genova è da tempo all'esame della AdSP del Mar Ligure Occidentale ma la soluzione è molto complessa e condizionata da vari fattori strutturali. In assenza di tale infrastruttura portuale, occorre prevedere un sistema autonomo di rifornimento, che potrebbe essere realizzato con due differenti modalità:

- un serbatoio locale di GNL, ubicato presso il parco all'interno del quale operano i locomotori di manovra, rifornito periodicamente da una autobotte;
- un container criogenico mobile, posizionabile presso l'area di manovra dei locomotori, da sostituire una volta vuoto con un altro pieno

Grazie per l'attenzione!

Ing. Andrea Zoratti
 Istituto Internazionale delle Comunicazioni
 Genova

