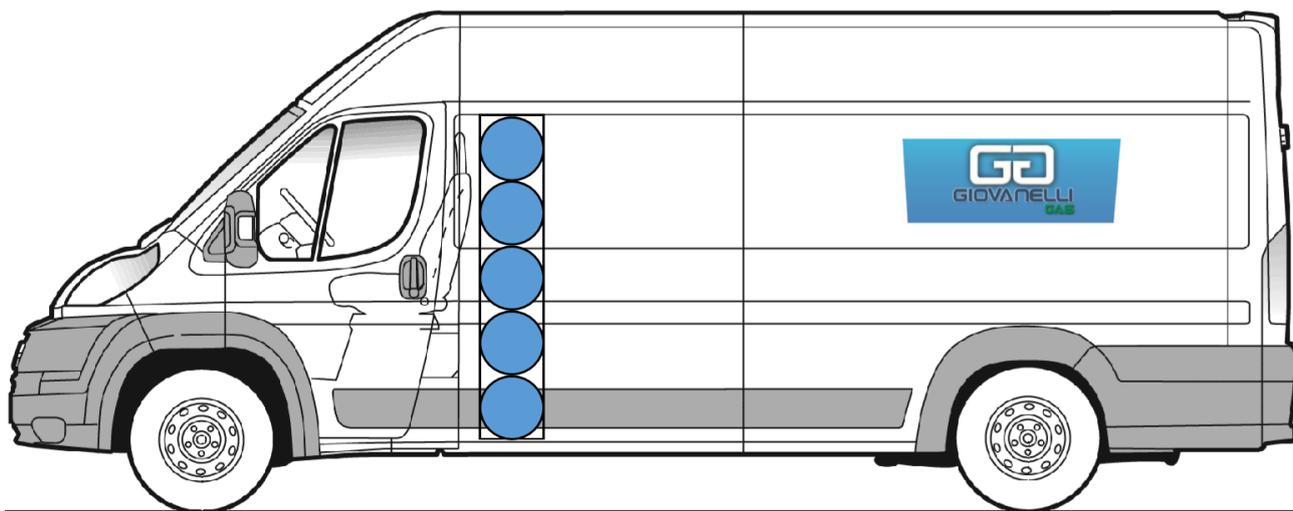


Dual Fuel Diesel-Cng Injection Systems Sequential Injection Systems



Ciò che bisogna sapere per la trasformazione a METANO dei motori Diesel



- Motori dualfuel
- Vantaggi
- Risparmio
- Sviluppo e ricerca
- Normativa
- Caratteristiche
- Operatori del settore
- Note

Westport™ LD

CNG/LPG Engines and Components
for Light-Duty Automotive and Industry





I MOTORI DUAL-FUEL (DIESEL + METANO)

Il dual-fuel

In Italia il gas naturale compresso (CNG) è impiegato come carburante per il rifornimento dei veicoli ormai da oltre 70 anni. Una trentina d'anni fa cominciò ad intensificarsi l'interesse per l'impiego del gas naturale come carburante per i motori di grossa taglia, da 300 o più cavalli, che muovono veicoli pesanti come per esempio gli autobus per trasporti pubblici urbani e i compattatori dei rifiuti solidi urbani. A quei tempi, si trattava sempre di motori diesel nati per consumare gasolio, e poi trasformati a metano da grandi officine specializzate. Nelle prime realizzazioni di motori pesanti (HD) a metano gli operatori ricorrevano a due alternative:

- Solo metano (dedicato)= trasformazione del motore diesel originario in motore a ciclo otto, sostituendo gli iniettori del gasolio con le candele, aggiungendo un carburatore, e riducendo il rapporto di compressione attraverso modifiche alla testata e ai pistoni
- Metano e gasolio (dual-fuel) = trasformazione che lasciava pressochè inalterata la struttura del motore, con l'aggiunta di un carburatore che introduceva nelle camere di combustione una miscela aria/gas, incendiata al momento opportuno dall'iniezione di una piccola dose di gasolio, che accendendosi spontaneamente permetteva al resto della carica di bruciare, conservando sostanzialmente un funzionamento in ciclo diesel.

Col tempo la soluzione della trasformazione da ciclo diesel a solo gasolio, a ciclo otto a solo metano ha preso il sopravvento, soprattutto grazie alla disponibilità sempre crescente di modelli OEM*1. Di conseguenza la soluzione del dual-fuel è stata relegata ad un ruolo di nicchia, e ci si è limitati a considerarla particolarmente idonea a quelle realtà più "di frontiera", come le aree non ancora provviste di adeguate infrastrutture per il rifornimento di CNG, dove la flessibilità operativa del dual-fuel è fondamentale per il successo di una soluzione innovativa. In questi ultimi anni i costruttori sono tornati a proporre con maggior convinzione anche soluzioni dual-fuel. Questa tecnologia è nel frattempo stata raffinata, grazie



ad alcuni progressi tecnologici che si sono avuti nelle tecnologie di alimentazione e grazie all'ingresso decisivo dell'elettronica anche in questo settore.

Vantaggi

Rispetto alla soluzione dedicata, il dual-fuel, almeno in linea teorica, offre interessanti vantaggi:

- la trasformazione del motore è più semplice e meno costosa rispetto alla trasformazione da ciclo diesel a ciclo otto, che è più radicale ed è in pratica irreversibile;
- consente di sostituire gasolio con metano senza stravolgere l'architettura del motore;
- si avvale sostanzialmente del più elevato rendimento del ciclo diesel rispetto al ciclo otto, anche se in dual-fuel non si tratta esattamente dello stesso ciclo diesel seguito dal motore originale in funzionamento a gasolio; in particolare lo sviluppo della combustione è un po' diverso;*2)
- offre alta flessibilità operativa; se ciò è previsto in sede progettuale all'atto della trasformazione, il motore può tornare al funzionamento a solo gasolio in qualsiasi momento (in caso di marcia in territori dove vi sono carenze della rete di distribuzione del metano);
- consente l'abbattimento delle emissioni di particolato (anche oltre il 60% rispetto all'alimentazione tradizionale), e la riduzione delle emissioni di anidride carbonica (10 - 15%);
- offre i vantaggi economici legati alla differenza di prezzo tra gasolio e metano.



Però vi sono anche aspetti che in passato hanno rallentato lo sviluppo di questa tecnologia, e contribuito alla maggiore affermazione del motore dedicato a metano; ad esempio:

- il grado di sostituzione di gasolio con metano giunge al suo valore massimo (di norma 80-85%) soltanto quando il motore funziona a pieno carico, e la percentuale di gasolio iniettato ad ogni ciclo di combustione è la minima necessaria per l'innescio del processo (15-20%); nei regimi transitori e ai carichi bassi, la quantità di gasolio iniettato tende a rimanere costante, o comunque non cala in proporzione alla diminuzione del carico, e quindi la sua percentuale sul carburante consumato totalmente dal motore cresce; nei percorsi urbani, dove prevalgono i regimi transitori, questo aspetto assume la maggiore rilevanza;
- la completa combustione simultanea di due carburanti diversissimi, nei tempi ristretti consentiti dalla camera di combustione di un motore che marcia a 1.000 o 2.000 giri/minuto, condividendo la stessa aria comburente, non è un aspetto trascurabile, e può darsi che si sia costretti ad accettare un certo compromesso in termini di qualità dei fumi allo scarico, o ad incrementare grandemente la qualità dei dispositivi di post trattamento degli stessi;
- c'è la necessità di mantenere a bordo del veicolo entrambi i sistemi di alimentazione, con conseguente maggiore complessità impiantistica;
- vi è una maggiore complessità anche del sistema di regolazione, e la necessità di scelta tra varie filosofie relative messe a punto dai costruttori.



Ipotesi di Risparmio

Risparmio	27,41%
Percorrenza annua	50.000 km
Spesa in Diesel	€ 12.857,14
Spesa in Dual	€ 9.333,57
Differenza annua	€ 3.523,57

Sviluppo e ricerca sul dual-fuel

In passato questa soluzione era offerta in Italia da costruttori come la ETRA di Rovereto, fondata nel 1990, che brevettò già nel 1997 un sistema di trasformazione dual-fuel a gestione elettronica. Più recentemente si sono aggiunti costruttori come Westport, Cummins, Clean Air Power in America ed Europa (es fig 1 e 2: il HPDI high pressure direct injection - Diesel pilot ignition combustion concept di Westport), Landi Renzo, Emmegas e la divisione EMER di WESTPORT Italy. Questi costruttori hanno messo a punto e affinato nuovi sistemi per la gestione di motori dual-fuel, che consentono di sfruttare più a fondo le potenzialità di questa tecnologia e ridimensionare gli aspetti di cui abbiamo parlato prima.

La tecnologia utilizza gas naturale come carburante principale, insieme ad una piccola porzione di gasolio che agisce da innesco della combustione ("liquid spark plug"). Al cuore del motore c'è un innovativo iniettore brevettato, con un sistema doppio di aghi di controllo coassiali, e l'impiego di materiali particolari, come i cristalli piezoelettrici a variazione di forma. Consente l'ammissione di piccoli quantitativi di gasolio e grandi quantità di gas naturale ad alta pressione in camera di combustione. Il gas naturale viene iniettato alla fine della fase di compressione, esattamente come avviene per il solo gasolio nel normale motore diesel. Al livello di pressione che regna nella camera di combustione di un normale motore diesel, il gas naturale richiede una temperatura d'ignizione più elevata rispetto al gasolio (circa 800°C contro 500°C) per mantenere un ritardo di accensione accettabile di meno di 1 millisecondo. Per assicurare l'ignizione del gas

naturale, una piccola quantità di gasolio viene iniettata nel cilindro, seguita dall'iniezione della carica principale di gas naturale. Il gasolio agisce come pilota; dopo essersi acceso per autocombustione, accende rapidamente anche il resto della carica presente in camera di combustione, cioè la miscela di gas e aria comburente.

Il sistema HPDI si vanta di consentire il funzionamento in ciclo diesel (sostanzialmente, come abbiamo già visto) con un livello di sostituzione di gasolio con gas naturale fino al 95% in termini energetici. Secondo il costruttore, questo sistema consente di utilizzare un carburante più economico e a minore impatto ambientale rispetto al gasolio, senza dover scendere a compromessi per quanto riguarda coppia, potenza, rendimento globale e guidabilità, e allo stesso tempo riducendo le emissioni di NOx del 50% e le emissioni di CO₂ fino al 20%.

I motori che adottano la tecnologia HPDI non hanno la possibilità di funzionare a solo gasolio. Il sistema HPDI quindi non è un'opzione adatta a veicoli che occasionalmente debbano circolare su territori sprovvisti dell'infrastruttura di rifornimento di gas naturale compresso per autotrazione (CNG Compressed Natural Gas). Il motore HPDI è stato omologato in USA secondo i requisiti CARB 2007 ed EPA.

fig 1 il sistema HPDI - Diesel pilot ignition combustion concept di Westport - iniettore

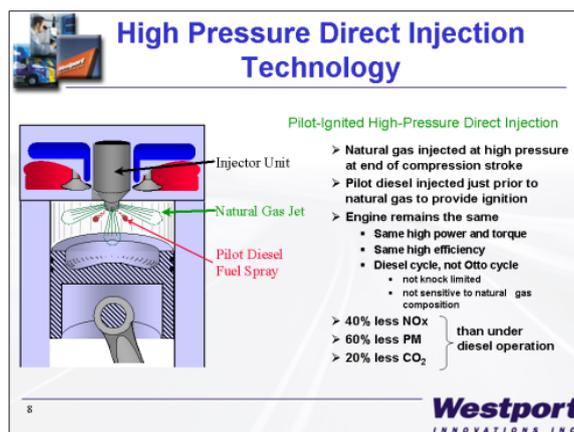
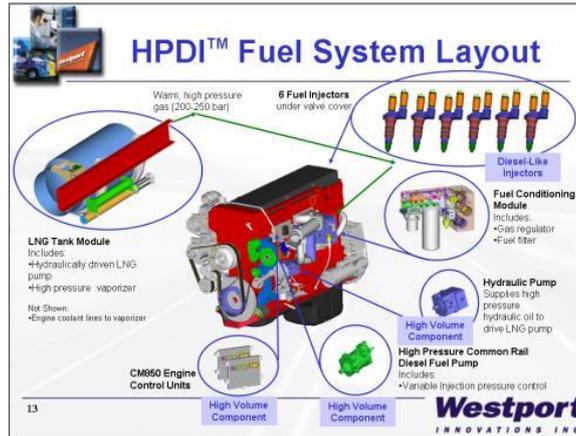


fig 2 il sistema HPDI di Westport – impianto



Landi Renzo ha messo a punto un innovativo sistema ad iniezione sequenziale fasata per la trasformazione di motori diesel in motori in grado di lavorare con una miscela di gasolio e metano. La centralina elettronica di Landi Renzo che gestisce il sistema dual-fuel è in grado di controllare l'iniezione di metano e la quantità di gasolio da iniettare in ogni condizione di funzionamento del motore. La trasformazione è effettuata grazie all'integrazione del sistema di iniezione metano sul motore diesel, senza apportare alcuna modifica al motore stesso. Uno dei vantaggi conseguiti è una riduzione della rumorosità di funzionamento. Il sistema LANDIRENZO OMEGAS Dual-Fuel offre la possibilità di connettersi all'OBDII (On Board Diagnostic II) del veicolo e gestire la calibrazione gas in modo adattativo, compensando quindi sia le variazioni dei parametri del gasolio che la variabilità del gas presente alla pompa. Questo impianto utilizza il sistema di comunicazione OBD II per gestire le funzioni adattative nella calibrazione a gas. La nuova centralina installata per gestire il sistema dialoga con la centralina preesistente, per prevenire malfunzionamenti e la conseguente accensione della spia MIL (Malfunction Indicator Lamp). L'impianto Landi Renzo Dual-Fuel è disponibile ad esempio per le motorizzazioni:

- FIAT DOBLO' 1.9 JTD 120 CV sigla motore 223B1000
- FIAT BRAVO 1.9 JTD 105 CV sigla motore 192A8000

Il sistema dual fuel è anch'esso un sistema di iniezione sequenziale che può essere modulato in Fasata o Full Group a seconda degli obiettivi di mercato ed



omologativi. Utilizza un protocollo di connessione Controller Area Network (CAN) con la centralina originale e ha la possibilità di gestire attraverso un ampio numero di mappe, la riduzione della quantità di Diesel in modo dinamico, la quantità di NG aggiunta con il vincolo di non superare i valori di coppia e potenza del motore originale al fine di non ridurre le ore di durata del motore stesso. E' attivo anche un controllo in tempo reale delle temperature di scarico che non devono eccedere del 10% quelle originali. Il sistema è quindi in grado di emulare qualsiasi segnale e può essere utilizzato su motori Meccanici con l'inserimento di un pedale elettronico che va a gestire la quantità di Diesel nelle diverse fasi motore. Particolarmente apprezzato è anche il sistema che intercetta il segnale di cruise control con una mappa ottimizzata per i consumi che permette di massimizzare l'efficienza di questa fase normalmente di regimi pressoché costanti.

Sistemi di questo genere sono anche adottati dalla Clean Air Power (USA - UK) e da Hardstaff Group (UK). Il sistema dual-fuel di Clean Air Power, brevettato in USA nel 1995, non comporta modifiche sostanziali del motore diesel originale, consente la sostituzione fino al 85% del gasolio, ed è in grado di tornare in ogni momento al funzionamento al solo gasolio. La tecnologia dual-fuel è controllata elettronicamente anche nel caso del Clean Air Power Hawk™ con un electronic control unit (ECU) che impiega algoritmi di controllo brevettati e un sistema Controller Area Network (CAN) che comunica con il sistema originale di gestione del motore, il EMS OEM. Il livello di comunicazione col EMS OEM definisce i due tipi principali di dual-fuel prodotti:

Genesis-EDGE – sistema retrofit che non richiede la cooperazione con l'OEM, e consente di funzionare con gas naturale con oltre il 60% di copertura del carico; secondo il costruttore, Genesis è disponibile per veicoli Volvo FH/FM13 Euro 5, e Mercedes Axor Euro 3.

Interfaced – Direttamente collegato col software EMS OEM, fornisce prestazioni, sostituzione del gasolio ed emissioni a livelli ottimali. Richiede la cooperazione con l'OEM per consentire il controllo dell'interfaccia ECU. Oggi Clean Air Power offre motori Caterpillar omologati secondo US EPA 1998-2002 in Australia e Sud America col sistema Interfaced. La disponibilità di motori include il C-12 ed il C-15, con potenze da 400 a 500 cavalli, con omologazione EPA 2002.



Clean Air Power ha annunciato di aver siglato un accordo di fornitura e sviluppo, inizialmente per 5 anni, con Volvo Powertrain, consociata di AB VOLVO. Quest'ultima nel 2007 presentò un concept truck che utilizzava un sistema dual-fuel.

Gli operatori del Hardstaff Group hanno affermato di essere in grado di rispettare i limiti emissioni Euro IV ed Euro V con veicoli Euro IV/V in modalità dual-fuel.

Il dual-fuel è una soluzione interessante anche per la propulsione navale. Wärtsilä, il fornitore di soluzioni e servizi di primaria importanza per l'industria marina, ha ottenuto la certificazione di conformità con gli standard di emissione dalla United States Environmental Protection Agency (EPA) per i suoi motori Wärtsilä 34DF dual-fuel. La certificazione è stata ottenuta il 17 gennaio 2013.

I primi motori equipaggeranno il 'Harvey Energy', un'imbarcazione per fornitura off-shore costruita per la Harvey Gulf International Marine. Quattro navi sorelle saranno fornite a breve con gli stessi motori Wärtsilä, che così consentiranno di dimostrare anche la validità del GNL come bunker fuel marino, e la sua crescente popolarità tra gli armatori.

I motori dual-fuel di Wärtsilä permettono la propulsione navale con carburanti marini normali o GNL. Il cambio di carburante può essere effettuato in maniera immediata, senza perdite di potenza e velocità di crociera. Questa flessibilità consente il rispetto dei regolamenti sulle emissioni nelle ECA (Emission Controlled Areas), offrendo nel frattempo agli operatori l'opzione di stabilire di volta in volta quale carburante utilizzare in funzione di parametri di costo e disponibilità.

Normativa

In Italia il Ministero dei Trasporti ha emanato la circolare del 14 Febbraio 2000 (prot. n. 220/M3/C2 e successive modifiche ed integrazioni) con la quale viene autorizzata la trasformazione dual-fuel.

Nell'ambito del ECE ONU è attivo un gruppo di lavoro che sta preparando i requisiti riguardanti i motori HD DF (Heavy Duty Dual-Fuel) da inserire nel regolamento UN/ECE N° 49.

Non è richiesta una normativa specifica di sicurezza sul dual-fuel. Il settore dell'industria se ne sta però occupando per ciò che riguarda le emissioni e l'omologazione del sistema di alimentazione del motore. Restano aperte per



esempio le questioni riguardanti le emissioni regolamentate, e il metodo standard per la determinazione del consumo specifico, nel caso dei motori per veicoli LD (veicoli leggeri).

Sarà probabilmente necessario prevedere due diverse modalità di omologazione, per i motori che funzionano solo in dual-fuel e per quelli in grado di ritornare al funzionamento a solo gasolio.

Caratteristiche dei motori pesanti dual-fuel

Il GRPE*₃) ha convenuto di considerare 3 tipi di motori dual-fuel:

- DF Tipo 1: motori gasolio/gas con un livello d'impiego di gas molto elevato, come ad esempio il CAL "HD pilot ignition engines"
- DF Tipo 2: motori gasolio/gas con un livello d'impiego bilanciato tra gas e gasolio
- DF Tipo 3: motori gasolio/gas con un livello d'impiego di gas molto basso

I regolamenti californiani considerano un massimo del 10% di gasolio per i motori del tipo 1.

Principali operatori che offrono soluzioni dual-fuel

Emmegas - Italia

EMER by WESTPORT – CANADA, Italia

Landi Renzo - Italia

Etra - Italia

Hyte - Italia

Fratelli Tessari Motori Diesel Srl - Italia

Caterpillar - USA, UE

Clean Air Power - USA, UK

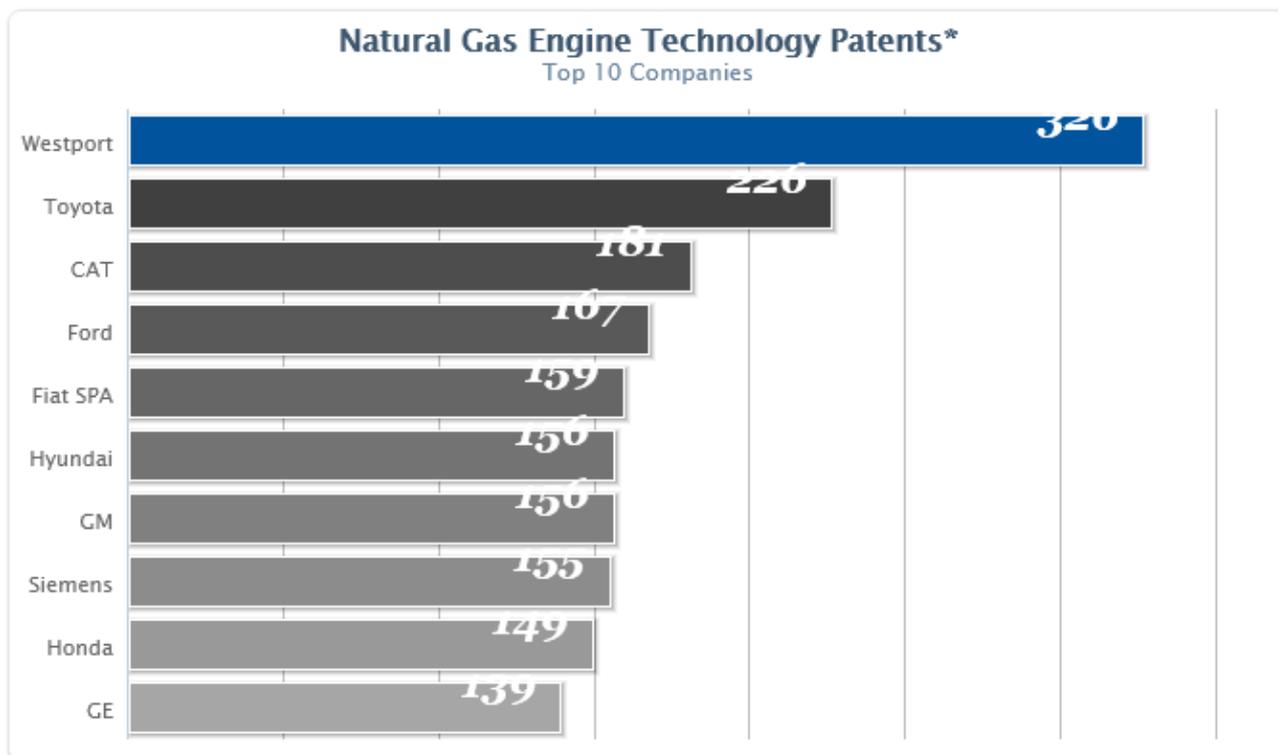
Cummins Wesport - USA, UE

DieselGas Ltd - Ucraina (in partnership con Bosch)

Hardstaff - UK

Ros Roca - Spagna

Wärtsilä - Finlandia



Note

*1) OEM = Original Equipment Manufacturer; EMS = Engine Management System

*2) nel caso del motore diesel a solo gasolio, quest'ultimo s'incendia spontaneamente man mano che fuoriesce dagli ugelli dell'iniettore, a contatto dell'aria surriscaldata presente in camera di combustione; nel caso del dual-fuel, questo processo riguarda solo il gasolio pilota; una volta acceso, esso provoca in più punti (tanti quanti sono gli ugelli), l'accensione del metano, nel quale si ha poi la propagazione di un fronte di fiamma, a partire dai diversi punti di innesco.

*3) GRPE = Group Rapporteur Pollution et Energie; organismo normativo nell'ambito ECE ONU.



CONTATTI

- **AMMINISTRAZIONE – PREVENTIVI – APPUNTAMENTI**

- Telefono : 06.4385373
- Fax : 178 6061614
- Mail : info@giovanelligas.com
- Internet : www.giovanelligas.com

- **ASSISTENZA TECNICA**

- Telefono 06.4385373
- Mail : assistenza@giovanelligas.com

- **COLLAUDI BOMBOLE METANO**

- Telefono 328.1350822
- Mail : collaudi@giovanelligas.com

- **COLLAUDI – ASSISTENZA MCTC**

- Telefono : 328.1350822
- Mail : collaudi@giovanelligas.com

- **SERVIZI PER AUTOFFICINE / CONCESSIONARIE**

STUDIO LA VENTURA
Consulenze per la Circolazione dei Mezzi di Trasporto

- Telefono : 06.7022768
- Mail : info@studiolaventura.it