## IL COMMON RAIL: LA STORIA DI UN SUCCESSO – PARTE I

Callisto Genco\*, Giuseppe Starace\*\*

\*Engineering consultant; <a href="mailto:callisto@genco.org">callisto@genco.org</a>

\*\*Università LUM SS.100 km 98 70010 Casamassima (BA), starace@lum.it

#### **SOMMARIO**

La nascita e lo sviluppo del *Common Rail* sono il risultato di intelligenza e caparbietà. La grande rivoluzione dei motori Diesel degli anni '90 è stata concepita e realizzata a Bari da circa 50 ingegneri e tecnici. A capo del gruppo, il dott. Mario Ricco che, da laureato in fisica, ragionava diversamente dagli ingegneri e guidava il flusso delle attività di sviluppo mai smarrendo il desiderio di un prodotto realmente innovativo e di traguardi sempre più ambiziosi. Dopo una lunga e articolata fase di sviluppo prodotto ricca di sperimentazione realizzata con una strumentazione di punta, la messa in produzione rappresentava una grande sfida tecnica e tecnologica. Forse il *Common Rail* non sarebbe decollato senza l'intervento di BOSCH che, ai tempi, deteneva il know-how legato alle più avanzate lavorazioni meccaniche, alle metodologie e all'organizzazione aziendale a garanzia della qualità dei processi. Se è vero che vi erano, distribuite, tutte le condizioni perché la rivoluzione dovesse avvenire, solo ELASIS Bari 2 (Centro Ricerche FIAT nel Mezzogiorno) riuscì a sintetizzare le esperienze pregresse nel campo dei sistemi di iniezione benzina e Diesel e mise a frutto la genialità dei propri collaboratori per superare le innumerevoli difficoltà che la realizzazione del nuovo sistema presentava ad ogni passo in avanti. Si è trattato certo di un progetto per visionari e temerari, ma le solide competenze tecniche di ELASIS e la giusta rete di rapporti di allora (Marelli, CRF, Università di Bari e Politecnico di Bari) lo hanno reso possibile.

In questo lavoro il tentativo è quello di proporre un racconto sintetico dell'evoluzione del progetto non tralasciando di evidenziare come l'ambiente intorno abbia influito sui progressi e sui risultati raggiunti. Per entrambi gli autori, in maniera diversa e in tempi successivi solo in parte sovrapposti, è stata certo una fortuna aver potuto lavorare nei primi anni della propria carriera in un contesto di grande stimolo professionale che ha contribuito grandemente alla loro formazione tecnica, industriale e umana.

Tutti gli appassionati di motori avranno sentito parlare del progetto Common Rail e di come abbia rivoluzionato il mondo del Diesel. In questa serie di articoli, in uscite successive, si ripercorrono insieme i vari aspetti che hanno caratterizzato lo sviluppo e la messa in produzione di quanto si è rivelato, alla prova dei fatti la più importante innovazione che ha riguardato il motore Diesel, sin dalla sua invenzione.

Distribuite negli articoli, il lettore troverà informazioni in grado di descrivere l'entusiasmo che si respirava nel periodo nel quale invenzioni e risultati industriali si susseguivano ad un ritmo incalzante ed esaltante.

#### **INTRODUZIONE**

Negli anni '90 il motore Diesel viveva un'evoluzione caratterizzata da una comparsa graduale di soluzioni tecniche che in termini di intensità e di contenuti si presentavano in linea con quanto avveniva nei settori adiacenti. L'effervescenza del mercato e la rinnovata sensibilità ambientale con la comparsa di norme anti-inquinamento molto più stringenti, richiedevano, però, un'accelerazione decisa.

Il progetto *Common Rail* riuscì a coniugare quanto disponibile sul terreno tecnologico con idee di gestione motore che erano ancora ritenute visionarie. Il *Common Rail* si rivelò un'innovazione così dirompente che dopo la sua prima uscita, nell'arco di tre anni, quasi tutte le case automobilistiche europee cambiarono il sistema di alimentazione dei loro propulsori Diesel da iniezione in precamera (iniezione indiretta) in

Diesel a iniezione diretta in camera di combustione del tipo *Common Rail*.

Il *Common Rail* fu concepito per liberare il sistema di alimentazione del gasolio dalle limitazioni legate ai sistemi tradizionali consentendo la gestione contemporanea di:

- anticipo di iniezione,
- quantità di combustibile introdotta in camera,
- pressione di iniezione,
- progressività ed evoluzione di iniezione.

## IL CENTRO RICERCHE ELASIS BARI 2: IL CONTESTO E LO SVILUPPO

Era la fine degli anni '80 del XX secolo e le norme sul controllo degli inquinanti da quel momento avrebbero intrapreso un impetuoso incedere di riduzione sempre maggiore. Al tempo, era evidente che le limitazioni su particolato e fumi si sarebbero rivelate una scommessa importante per le tecnologie disponibili. La sensibilità ai consumi dei motori per autotrazione si accresceva per ragioni ambientali e per la sempre maggiore attenzione ai costi di esercizio. Il superbollo sui motori Diesel dava continuità al periodo di austerità che aveva avuto il suo picco con il governo Amato che aveva eseguito il prelievo forzoso del 6‰ (sei per mille) dai conti correnti delle banche italiane nella notte fra il 10 e l'11 luglio del 1992.

In un clima che faceva presagire che sarebbero nate esigenze nuove, nella Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 38 del 15.02.1995 il Comitato interministeriale per la programmazione economica accordò al gruppo FIAT di dedicare le attività di ELASIS SCPA (Società

Consortile per Azioni), nella sua sede di Modugno (BA) oggetto di un programma di investimenti finanziato con fondi pubblici, alla ricerca industriale destinata allo sviluppo di nuovi sistemi di iniezione Diesel:

La società consortile ELASIS, di natura mista (pubblicoprivato) era nata nel 1988 per scopi di ricerca e sviluppo e per produrre una ricaduta occupazionale qualificata nel Sud Italia.

Con sede centrale in Pomigliano d'Arco l'ELASIS a Bari contava due siti. Quello dedicato ai sistemi di alimentazione Diesel prese il nome di "ELASIS Bari 2 – Centro Ricerche alimentazione motori".

Il personale di ELASIS Bari 2 proveniva in gran parte dall'Altecna che operava negli edifici adiacenti. Altecna era un centro tecnico e sviluppava iniettori Diesel tradizionali. Nello stesso circondario Weber/Marelli produceva pompe Diesel in linea su licenza BOSCH.

Nonostante il superbollo, FIAT in quei tempi vendeva bene veicoli Diesel per trasporto leggero e desiderava differenziarsi dalle tecnologie BOSCH che, sfruttando la propria posizione dominante sul mercato, era capace di introdurre con continuità innovazioni incrementali sul suo prodotto, in particolare, perfezionando la pompa di iniezione rotativa con l'aggiunta di un'elettronica di controllo. Il management FIAT aveva compreso che ben presto le soluzioni tradizionali avrebbero segnato il passo e che, con l'occasione delle modifiche normative, c'era bisogno di un cambio di paradigma.

ELASIS Bari 2 poteva fare affidamento sulle conoscenze pregresse disponibili nel "distretto di Bari" e in particolare in quelle dell'ing. Ausiello di Weber/Marelli. Gli obiettivi di ELASIS erano di alto livello; i nuovi assunti avviavano il loro percorso lavorativo dopo essersi arricchiti di conoscenze industriali seguendo obbligatoriamente un apposito master di sette mesi. FIAT auto finanziava il master e la gestione era affidata all'istituto ISVOR¹. Un vero valore aggiunto per la carriera.

Nel 1988 il dott. Ricco², laureato in Fisica ed appena sotto i 50 anni divenne responsabile di ELASIS Bari 2. Si trattava di un vero e proprio ricercatore, abituato al pensiero laterale, sempre animato da una tempesta di idee distanti dalla logica rettilinea di chi aveva lavorato molti anni nel settore.

Ricco ebbe la capacità di fare sintesi delle conoscenze pregresse *Common Rail*. La sua caparbietà, a volte ostinazione, si tradusse in continua innovazione, in energia e sostegno per il progetto *Common Rail* dal 1988 fino al suo innegabile successo.

Nel 1994 ELASIS occupava in totale circa 55 addetti.

L'organizzazione aziendale era verticistica, come da stile FIAT anni '70. Sotto la dirigenza Ricco c'erano due rami principali:

- Components/testing on engine/vehicles testing
- Components design & development.

La collaborazione, alcune sovrapposizioni di ruoli, e una pratica di condivisione informale dei momenti creativi ebbero un ruolo chiave nel promuovere la discussione su idee e concetti nuovi. Si lavorava con entusiasmo, grande concentrazione e si faceva tardi la sera in ufficio. Gli insuccessi preoccupavano, ma l'ironia di tutti creava un ambiente attivo e fertile. I momenti di pausa caffè nel piccolo disimpegno buio antistante i corridoi dei laboratori sono stati quelli in cui i concetti sui componenti evolvevano per il meglio.

Idee risolutive per iniettore e regolatore di pressione sono arrivate durante una pausa caffè: la prima ha generato lo sdoppiamento di ancoretta e attuatore, risolvendo il problema delle riaperture del polverizzatore; la seconda, con nuovi materiali, riduceva i valori di isteresi e di corrente assorbita, passando da traferro conico a frontale. Il disimpegno era luogo di passaggio; oltre si accedeva ai laboratori elettronici, spray e iniezione e lì si traducevano le idee in fatti.

In poco tempo ELASIS Bari 2 divenne un luogo dove le conoscenze si contaminavano reciprocamente e così si arricchivano. I protagonisti che affiancavano ELASIS e il dott. Ricco avevano esperienze, bagaglio culturale, attitudini e personalità sensibilmente diverse:

- l'ing. Ausiello di Altecna, Weber-Marelli,
- l'ing. Imarisio, l'ing. Rinolfi, l'ing. Buratti e l'ing. Rossi del Centro Ricerche FIAT,
- il prof. Laforgia dell'allora Facoltà di ingegneria dell'Università di Bari (dalla quale nel 1990 gemmerà il Politecnico di Bari).

Il prof. Laforgia supportava ELASIS con progetti di ricerca mirati allo studio delle caratteristiche di quanto stava nascendo, e offriva al dott. Ricco il supporto di studenti meritevoli in grado di portare avanti idee ed esperimenti, con la freschezza tipica della gioventù e della fine degli studi.

In figura 1 è rappresentato l'organigramma di ELASIS Bari 2 del 1994.

## LO SCENARIO INDUSTRIALE E TECNICO NEL QUALE NASCE IL *COMMON RAIL*

Nell'ottica di migliorare la combustione, ridurre i consumi e gli inquinanti, anche i motori ad accensione comandata (quelli alimentati a benzina) avevano abbandonato il carburatore a controllo elettronico a favore dell'iniezione elettronica a bassa pressione (single e multi point).

La grande rivoluzione delle emissioni del motore benzina era l'eredità di quanto era avvenuto in California sin dal 1967. BOSCH a tal riguardo aveva

ISVOR FIAT nasce nel 1972, con sede in Marentino, per realizzare la formazione dei manager a supporto dell'evoluzione organizzativa per migliorare le competenze di management, per sviluppare valori e comportamenti di leadership efficaci, per gestire il cambiamento e per realizzare i risultati di business. Il 31 dicembre 2008 ISVOR cessa di esistere confluendo in Sepin.

Nel giugno 2019 l'Università di Perugia conferisce la Laurea honoris causa in Ingegneria meccanica a Mario Ricco.

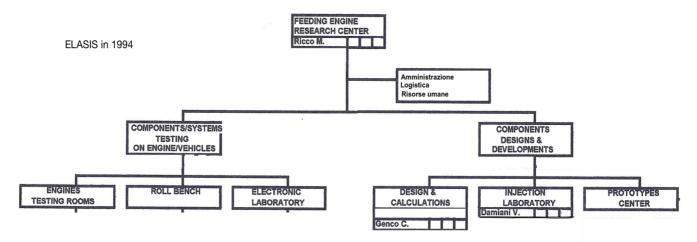


Figura 1 - Organigramma ELASIS del 1994

reagito con il sistema elettronico Jetronic <sup>3</sup>. Nel 1983 il 34% dei motori benzina venduti in Germania erano ad iniezione. Pierburg annunciava la fine della produzione dei carburatori nel 1994.

L'ultima pompa BOSCH prima del *Common Rail* era stata la VP44, un'eccellenza tecnologica che integrava elettronica avanzata nella meccanica della pompa. Sensori di dosaggio controllavano l'iniezione; l'anticipo di iniezione veniva gestito dalla centralina. Purtroppo la VP44 era nei fatti uno sviluppo avanzato della pompa rotativa, ovvero un prodotto già maturo con prospettive di innovazione marginali.

Il concetto alla base del *Common Rail* risaliva agli anni '30 del 1900. Allora era già chiaro che alimentare gli iniettori attraverso una capacità tenuta costantemente in pressione avrebbe dato vantaggi per la polverizzazione del gasolio sotto forma di spray quindi per la combustione. All'epoca non erano ancora mature le tecnologie perché un sistema così congegnato potesse essere realizzato a livello industriale.

Gli storici tentativi<sup>4</sup> di realizzare il *Common Rail* per veicoli leggeri si sono sempre arrestati per limiti tecnologici e costi.

Nella prima metà degli anni '80 La Dereco (Diesel Engine Research and Engineering Co.), che, in seguito divenne la IVECO (International Vehicle Corporation), presso il suo stabilimento svizzero di Arbon aveva attrezzato il banco motore per prove prestazionali con il Diesel veloce *Common Rail* IVECO 8140.21 (2500 cm<sup>3</sup>)<sup>5</sup>.

Le attività Dereco dal 1980 fino al 1986 sono all'origine del *Common Rail*. Il dr. Berchtold del *Swiss Federal Institute of Technology* di Zurigo credeva molto nella tecnologia e assunse il neo ingegnere Mathis che poi si rivelo una figura importante, visto che in seguito realizzò i modelli di simulazione utili alla progettazione a tavolino dell'iniettore.

Dopo la Dereco e fino al 1988, Marelli divisione alimentazione motori lavorò al sistema dando un grande impulso al progetto che culminò con il primo veicolo in prova sulla pista di Marene in provincia di Cuneo.

Nel 1988 Fiat stimolò Marelli/Weber (lo stabilimento di Modugno aveva circa 2500 addetti e il cliente principale era FIAT) a studiare e realizzare sistemi di iniezione per motori Diesel per affrancarsi dall'egemone fornitore BOSCH.

Alla soluzione del *Common Rail* e alle sue grandi potenzialità veniva concessa una nuova chance e ciò era possibile con il ricorso a nuovi componenti elettronici ad alta velocità.

Nella seconda metà degli anni '80 erano comparsi i primi motori Diesel a iniezione diretta con pompa rotativa e gli standard di emissione prevedevano una riduzione di tutti gli inquinanti ( $NO_x$ , particolato, idrocarburi incombusti, CO). In tabella 1, l'elenco dell'offerta FIAT per la Croma degli anni '90.

Il passaggio dalla normativa Euro 1 a quella Euro 2 imponeva una riduzione di potenza e brillantezza a tutti i Diesel alimentati con pompa rotativa perché, a regimi di massima potenza, i limiti di fumosità erano pericolosamente vicini. In tabella 2 sono riportati i limiti degli inquinanti previsti per le vetture nel periodo 1992-2014.

Il sistema di iniezione a pompa rotativa, per entrambe le architetture a combustione diretta ed indiretta, sfruttava la pressione prodotta dalla pompa rotativa e utilizzava un iniettore attivato dall'onda di pressione generata dal pompante.

Il Diesel a iniezione diretta con pompa rotativa era già un passo avanti e a parità di inquinanti offriva più bassi consumi.

Il rapporto di compressione del Diesel iniezione diretta poteva, spingersi fino a 22 poiché si eliminava la precamera (Fig. 2sx) e la camera di combustione, di geometria più complessa, era ricavata (bowl) tra testata e cielo del pistone (Fig. 2dx) Così si consentiva la corretta generazione dello spray, si accompagnavano l'interazione delle particelle liquide con le pareti

BOSCH evolve i suoi sistemi nel tempo incrementando i livelli di controllo sulla combustione ed emissioni mettendo in produzione: K-Jetronic, KE-Jetronic, L-Jetronic, LH-Jetronic, Mono-Jetronic.

<sup>4</sup> https://en.wikipedia.org/wiki/Common\_rail

Molte delle notizie relative alle vicende societarie sono tratte dalla tesi di Laurea di Carlo De Pellegrin - La FIAT e lo sviluppo del sistema Common Rail automobilistico. Una grande occasione perduta - a.a 2004–'05, Università degli Studi di Verona.

Tabella 1 -Le versioni FIAT Croma prima serie degli anni '90.

Modello	Disponibilità	Cilindrata (cm³)	Potenza max (kW / CV)	Coppia max (Nm)	0–100 km/h (s)	Velocità max (km/h)	Consumo medio (km/L)
1.9 TurboDiesel id 90	1988 ÷ 1991	1929	66 / 90	186	12,5	180	19,4
1.9 TurboDiesel id 92	1991 ÷ 1997	1929	68 / 92	196	12,5	180	19,3
2.4 TurboDiesel	fino al 1989	2445	74 / 101	216	11,9	185	14,5
2.5 Diesel	fino al 1989	2499	55 / 75	162	16,6	165	16,1
2.5 TurboDiesel Eco	1992 ÷ 1993	2499	77 /105	220	10,7	190	14,2
2.5 TurboDiesel	1989 ÷ 1992	2499	85 / 116	245	11,0	195	14,3

Tabella 2 - Le indicazioni di norma circa i limiti tollerati con i valori che si inaspriscono dal 1992

Stage	Data	со	HC	VOC	HC+NOx	NOx	PM	PN
		g/km					#/km	
Positive Ignition (Gasolin	ne)							
Euro 1	07/1992	2.72 (3.16)	-		0.97 (1.13)	-		-
Euro 2	01/1996	2.2	-		0.5	-	-	-
Euro 3	01/2000	2.3	0.20		-	0.15	-	-
Euro 4	01/2005	1.0	0.10		-	0.08	-	-
Euro 5a	09/2009	1.0	0.10	0.068	-	0.060	0.0050	-
Euro 5b	09/2011	1.0	0.10	0.068		0.060	0.0045	-
Euro 6	09/2014	1.0	0.10	0.068	-	0.060	0.0045	6.0×10 <sup>11</sup>
Euro 6d	01/2020	1.0	0.10	0.068	-	0.060	0.0045	6.0×10 <sup>11</sup>
Compression Ignition (D	iesel)							
Euro 1	07/1992	2.72 (3.16)	-	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	01/1996	1.0	-	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	01/1996	1.0	-	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	01/2000	0.66	-	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	01/2005	0.50	-	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	09/2009	0.50	-	-	0.230	0.18	0.005	-
Euro 5b	09/2011	0.50	-	-	0.230	0.18	0.0045	6.0×10 <sup>1</sup>
Euro 6	09/2014	0.50	-	-	0.170	0.08	0.0045	6.0×10 <sup>1</sup>
Euro 6d	01/2020	0.5	0.10	-	0.170	0.08	0.0045	6.0×10 <sup>1</sup>

(l'*impingment*), la loro evaporazione e la combustione (potenzialmente multipla durante l'intera fase attiva del ciclo Diesel).

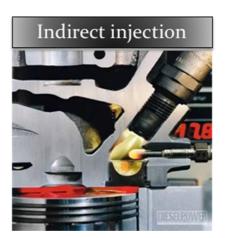
La FIAT Croma con motore 1929 cm³ a iniezione diretta consumava poco più di 5.5 l/100km e conservava un basso consumo anche nel percorso urbano.

La FIAT Croma id aveva ridotto la cilindrata dei suoi motori Diesel a combustione indiretta di quasi 500

cm³, sviluppando potenze simili: un bel vantaggio per i possessori di motori Diesel da misurarsi anche economicamente, visto il superbollo era calcolato proporzionalmente alla cilindrata a partire da un minimo di 200.000 lire.

A partire dal 1997 il superbollo fu abolito per legge e questo in Italia provocò il boom della vendita dei motori Diesel. Il rumore della FIAT Croma a iniezione diretta era eccessivo a freddo, la guidabilità ruvida, ma prestazioni e consumi erano davvero promettenti. Le quantità iniettate dagli iniettori con pompa rotativa non erano progressive e generavano quella rumorosità che FIAT aveva dovuto attenuare con gli spessi pannelli acustici posizionati sotto il cofano. L'iniezione diretta, comunque, rappresentava un gran vantaggio sull'iniezione a precamera.

Sin dal 1993 il mercato domandava inconsapevolmente una rivoluzione e la nuova tecnologia del *Common Rail*: era la risposta più appropriata a questa istanza. Purtroppo nessuna azienda era ancora nelle condizioni di progettarlo e tanto meno di produrlo.



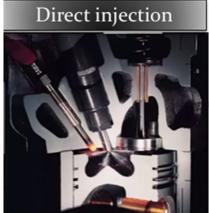


Figura 2 – Camere di combustione per l'iniezione indiretta (sx) e diretta (dx)

#### ELASIS E IL MONDO UNIVERSITARIO PUGLIESE

Il contributo della Facoltà di ingegneria meccanica di Bari allo sviluppo del *Common Rail* è stato determinante. L'apporto del *know how*, sia di contenuto, sia di metodo, consentiva di adottare soluzioni tecniche sorrette da scelte consapevoli, ottenute in modo rigoroso. Il prof. Laforgia, professore di riferimento di quasi tutti i neo-assunti ELASIS, grazie alle sue capacità diplomatiche e all'attitudine ad adottare soluzioni utili e condivisibili per tutti i soggetti coinvolti (oggi si direbbe *win-win*) era riuscito, a risolvere problematiche tecniche che normalmente, con il ricorso alla sola sperimentazione organizzata in maniera sistematica, avrebbero richiesto tempi molto più lunghi.

Mentre il prof Laforgia era sempre entusiasta (senza mai procedere a scelte basate sull'improvvisazione), dell'adozione di nuove metodologie di indagine, il dott. Ricco temeva che, affidandosi all'università, avrebbe attenuato il suo straordinario istinto sperimentale, figlio del suo pensiero laterale.

Avevano entrambi la loro parte di ragione e, consapevoli delle differenze, finirono col metter su una collaborazione intensa e vincente, fino a che BOSCH con l'intero progetto portò in Germania anche parte delle attività di ricerca universitaria.

Il dott. Ricco potè contare sul continuo ed instancabile supporto dell'ing. Sisto De Matthaeis che era esempio di abnegazione professionale e in grado di tessere continuamente buoni rapporti con tutti nell'interesse dello sviluppo del progetto.

Al prof. Laforgia non mancò l'affiancamento di Antonio Ficarella (ora professore ordinario di Sistemi energetici all'Università del Salento) che, ingegnere meccanico anch'egli, disponeva di preziose conoscenze di fluidodinamica della cavitazione.

Qui di seguito, in ordine sparso, la lista di gran parte dei tesisti baresi della Facoltà di ingegneria dell'Università di Bari e poi del Politecnico di Bari che negli anni dello sviluppo del *Common Rail* hanno svolto la tesi di laurea presso l'ELASIS, dando il loro contributo all'attività numerica e sperimentale utile alla caratterizzazione del sistema e dei suoi componenti.

Tesista	Tutor aziendale
Roberto Campanella	V. Damiani
Pasquale Digesù	C. Genco
Luigi Fiorentino	G. Bruni
Francesco Di Giorgio	V. Damiani
Vincenzo Amoia	C. Genco
Giuseppe Starace	V. Damiani
Giuseppe Putignano	C. Genco
Vincenzo Landriscina	C. Genco, e poi G. Bruni
Michele Calò	V. Damiani

Qui di seguito il prodotto della conoscenza di questi studi teorici e sperimentali, ovvero l'elenco delle pubblicazioni facenti capo all'attività ELASIS e redatte per la maggior parte insieme a università e centri di ricerca, relative alla fase di sviluppo del *Common Rail*.

Ne seguiranno molte altre in consessi internazionali di alto livello per tutto periodo fino ad oggi.

- 1994 Spray Characteristics of Five-Hole V.C.O Nozzles of a Diesel Electro- Injector, "," SAE Technical Paper
  - R. Campanella, D. Laforgia, A. Ficarella, V. Damiani
- 1994 Discharge analysis of a Double Diameter Duct Composed of two Concentrical Holes and a Conical Junction - Ansys Conference Proceeding - Pittsburgh G. Bruni, R. Di Gioia, C. Genco
- 1994 Diesel Electro-injector: A Numerical Simulation Code - SAE Conference, Detroit Fuel Spray Technology, SAE n. 940193
  - D. Laforgia, A. Ficarella, P. Digesù, M. Ricco, G. Bruni
- 1995 Investigation of Drop Size Distribution in the Spray of a Five-Hole, V.C.O. Nozzle at High Feeding Pressure - SAE Conference, Detroit, Fuel Spray Technology, SAE n. 950087
  - F. Di Giorgio, D. Laforgia, V. Damiani
- 1995 3-D Analysis of the Flow Through a Multihole V.C.O. Nozzle for D.I. Diesel Engine, SAE Technical Paper 950085
  - G. Bruni, A. Fiore, D. Laforgia, L. Fiorentino
- 1996 Common Rail An attractive Fuel Injection System for Passenger Car DI Diesel Engines - SAE Conference, Detroit Fuel Spray Technology and Applications, SAE n.960870
  - G. Stumpp, M. Ricco
- 1997 A Theoretical Code to Simulate the Behaviour of an Electro-Injector for Diesel Engines and Parametric Analysis, - SAE Conference, Detroit Fuel Spray Technology, SAE n.970349
  - V. Amoia, A. Ficarella, D. Laforgia,; C. Genco, S. De Matthaeis
- 1997 Experimental Investigation of the Sprays of an Axi-Symmetric Nozzle of a Common-Rail High Pressure Electro-Injector, SAE Technical Paper 970054,
   A. Ficarella, D. Laforgia, G. Starace, V. Damiani

## **GLI ANNI DECISIVI**

Nel 1993, in ELASIS viene allestito un esemplare di FIAT Croma id con il *Common Rail*. I risultati al banco mostrano performance eccezionali. Si ottengono il 10% in più di potenza, e il 10% di riduzione dei consumi rispetto al sistema tradizionale a pompa rotativa che equipaggiava lo stesso motore, facendo affidamento su di una strategia EGR ottimizzata. Le emissioni, poi, sono molto vicine ai limiti ECE 3.

Anche se un incidente nelle langhe piemontesi (non legato al *Common Rail*) interrompe bruscamente gli entusiasmi legati alle prove di durata del primo prototipo della FIAT Croma, nessuno ha intenzione di fermarsi. Si dà avvio senza indugio alla preparazione di una Mercedes 250 a iniezione diretta, da presentare alla casa tedesca nella sua sede a Stoccarda.

Pur in presenza di risultati lusinghieri del *proof of concept* ELASIS, FIAT decide di non investire nell'industrializzazione del *Common Rail*, poiché, pur



**Figura 3** – La FIAT "Croma" 1.9 Tdi (1986) – Primo veicolo trasporto passeggeri con diesel iniezione diretta. Marelli ed ELASIS lo usano per lo sviluppo *Common Rail* 

senza più i problemi di pompa e regolatore, ritiene di non essere in grado di garantire la qualità industriale degli iniettori che richiedevano accoppiamenti di grande precisione (dell'ordine del micron).

Nel 1994, quattro iniettori fanno la storia del *Common Rail*. in ELASIS vengono chiamati *diamanti*. Appositamente prodotti, testati in durata breve per stabilizzarne le quantità iniettate che si assestavano su di un valore costante solo dopo prime ore di funzionamento, vengono caratterizzati e tarati con precisione certosina. L'8 febbraio, con tutte le precauzioni per evitare lo spionaggio industriale, la Mercedes 250 con *Common Rail* viaggia fino al centro di innovazione Daimler, allora guidato da Dieter Zetsche (poi divenuto CEO del Gruppo Chrysler) per mostrare le sue prestazioni. La presentazione è un successo e i manager accolgono il *Common Rail* con entusiasmo.

BOSCH viene convocata da Mercedes perché si interessi alla tecnologia. Nello stesso anno BOSCH viene obbligata da Mercedes all'acquisizione dell'intero progetto. La perseveranza tedesca nell'ottimizzazione e nell'evoluzione delle tradizionali pompe rotative segna decisamente il passo, confrontata con la grande novità del *Common Rail* che veniva da un Sud Italia dai più ritenuto incapace di iniziativa industriale di alta tecnologia.

FIAT vende. Si vocifera che il valore della transazione sia di 70 miliardi di lire, che, oggi, rivalutati, sarebbero molto meno di 100 milioni di euro. La storia degli anni successivi evidenzierà quanto il progetto avrebbe meritato di più.

# LE CONOSCENZE DI ELASIS SI ACCRESCONO E SI PROPAGANO

A partire dal 1995, le conoscenze ELASIS e BOSCH nei rispettivi campi di eccellenza si incontrarono e produssero uno scambio vigoroso e stimolante.

In quell'anno in ELASIS si vivevano sentimenti contrastanti: l'euforia per l'evidente successo e l'amarezza per la consapevolezza che le grandi linee del progetto sarebbero approdate in BOSCH. Tuttavia, le conoscenze sviluppate autonomamente in ELASIS e soprattutto l'estro del dott. Ricco rimasero indispensa-

bili a che il progetto trovasse applicazione industriale e successo commerciale.

ELASIS cominciò a essere frequentata assiduamente da tecnici e dirigenti BOSCH. Molti vennero assegnati a Bari dove BOSCH intendeva svolgere molte attività, ma solo con i suoi standard. BOSCH fece trovare all'insaputa di tutti all'ingresso dello stabilimento pugliese un camion colmo di bancali di norme interne BOSCH per la progettazione, che, nonostante il tedesco divennero oggetto di consultazione.

A conferma che il trasferimento di conoscenze non fu affatto unidirezionale, c'è che BOSCH finì con l'aggiornare quelle norme integrandovi le metodologie di ELASIS alla base del successo del *Common Rail*.

Anche due volte alla settimana, molti dipendenti ELASIS erano in volo verso Stoccarda, Bamberg e Homburg per sostenere la contaminazione tra i due diversi approcci.

Prima dell'approdo a Bari di BOSCH, ELASIS non aveva conosciuto un *turn over* significativo. ELASIS si era affermato come un centro di ricerche di livello superiore rispetto alle realtà locali; inoltre, il mercato del lavoro in Puglia non offriva molte alternative valide. Si narra (forse è solo una leggenda metropolitana) che ci fosse un cartello fra le industrie della zona industriale di Bari, teso a limitare lo scambio di personale. Il tutto a vantaggio delle aziende che detenevano il mercato. Tuttavia, la vicenda *Common Rail* e l'arrivo a Bari di BOSCH scatenarono un nuovo fermento tra gli ingegneri e i tecnici che finì col diffondere anche in altre realtà industriali il *know how* di ELASIS. È il caso delle aziende concorrenti quali Carterpillar, Detroit Diesel e LUCAS/Delphi.

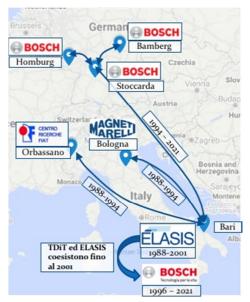


Figura 4 – Distribuzione geografica degli attori principali del progetto e temporale dei periodi in cui sono stati protagonisti. A Stoccarda, la sede centrale R&D di BOSCH, crocevia delle attività e delle competenze, faceva da ponte tra Bamberg (prototipi di altissima precisione) e Homburg (produzione pompe rotative.) Bamberg, Homburg e Stoccarda validavano le possibili tolleranze di processo per garantire il successo del progetto.

Continua nella Parte II, di prossima pubblicazione

# La timeline delle evoluzioni tecniche che hanno caratterizzato la vicenda del Common Rail

## 1970 II primo brevetto sul sistema *Common Rail*

Sopromi e Sofredi, due aziende francesi di area Renault, brevettano il principio di funzionamento dell'iniettore Common Rail.

### 1984 I primi studi a livello industriale

DERECO lancia uno studio comparativo sui sistemi di alta pressione che si protrae fino a tutto il 1985. La Grandi motori Trieste con il suo ex-direttore ing. Guglielmotti, consulente della DERECO, commissiona uno studio all'ing. Mario Montuschi per analizzare le funzionalità e fattibilità di circa trenta soluzioni concettuali. Ne vengono selezionate due 1. Servojet Cridec (di origine statunitense);

2. Dereco-Berchtold

L'iniettore Dereco-Berchtold è selezionato per lo sviluppo del Common Rail.

## 1984 La prima unità di sviluppo a livello industriale

L'ing. Ausiello diviene responsabile per lo sviluppo dei sistemi di iniezione ad alta pressione L'iniettore *Common Rail* si chiama E.D.I.A.I. (Electronic Dereco Iveco Accumulator Injection).

# 1986 La prime specifiche

L'ing. Ausiello redige la prima specifica *Common Rail*, mutuando l'idea del nome UNIJET dall'ingegner Livio Montefameglio, amministratore delegato della Magneti Marelli divisione Alimentazione motore

#### 1987 Una rinuncia

Sopromi e Sofredi non credono nella realizzazione del progetto e non rinnovano i brevetti *Common Rail* che diventano liberi sul mercato.

# 1988 La prime realizzazioni sperimentali

Magneti Marelli divisione alimentazione motore realizza componenti sperimentali e li implementa sulla FIAT Croma Iniezione diretta. Le prove vengono fatte sulla pista di Marene (oggi autostrada Torino-Savona). Su cinque passaggi la Croma ha una media di 200 km/h control i 185 km/h del sistema tradizionale. L'auto ha più potenza e non produce fumo.

## 1988 Nasce ELASIS Bari 2 "Centro Ricerche Alimentazione Motori"

Un gruppo di ingegneri della Weber / Altecna Bari viene distaccato per costituire il Dipartimento di esperienze avanzate. Ricco diviene direttore di ELASIS Bari 2.

## 1989 ELASIS Bari 2 sceglie i suoi primi ingegneri per lo sviluppo

Le basi tecniche del progetto ELASIS fanno riferimento al progetto svizzero della DERECO (Diesel Engine Research and Engineering COrporation, che, in seguito, diverrà IVECO, International VEhicle COrporation). La sperimentazione del *Common Rail* prende avvio sul Diesel veloce IVECO 8140 (2,5 dm³) con un gruppo di ingegneri

meccanici di estrazione per lo più barese. L'iniettore Dereco-Berchtold presenta già una struttura compatibile co in prossimi sviluppi; tuttavia, gli azionamenti non sono sufficientemente veloci e adatti all'utilizzo continuo a elevate pressioni. Nell'iniettore compaiono una camera idraulica alta e una camera idraulica bassa (il serbatoio del polverizzatore, ovvero il sac): lo sbilanciamento delle pressioni tra le due camere genera l'alzata e il ritorno dello spillo sulla sua sede di tenuta

#### 1991 Le nuove assunzioni ELASIS e le nuove tecniche

ELASIS conta complessivamente circa 40 dipendenti. Si impiegano le nuove metodologie della *Quality on design*, figlie della cultura ingegneristica FIAT. ELASIS usa la simulazione fluidodinamica disponibile al tempo per lo studio delle propagazioni d'onda nei condotti. Il DOE (*Design Of Experiments*) o il metodo *Taguchi* sono utili per sviluppare e individuare i principali fattori di controllo dell'iniettore e le sue interazioni con l'intero sistema di alimentazione.

# 1992 Lo sviluppo della pompa con Rexroth

L'austriaca Rexroth conclude con discreto successo la progettazione della pompa di alta pressione nella configurazione a tre pompanti con comando a camma triangolare eccentrica. Le rotture dei pistoni e le fughe di gasolio (portato fino a 1350 bar) dalle teste della pompa costituiscono i problemi principali.

L'estrusione degli O-ring di tenuta, ancora poco nota e di dominio solo delle aziende produttrici, lasciava sorpresi gli ingegneri, alle prese con problemi costruttivi del tutto nuovi.

## 1993 La nuova centralina e il nuovo iniettore

È il momento del cambio dell'iniettore e della centralina. Questa diviene capacitiva, ma ha ancora ingombri incompatibili con le esigenze dei vani motore. Marelli, su richiesta di ELASIS, sviluppa con difficoltà una nuova centralina elettronica di ridotte dimensioni. Parte del progetto elettronico viene sviluppato da CRF.

Il prototipo della FIAT Croma equipaggiata con il *Common Rail* mostra performance eccellenti.

# 1994 Il Common Rail viene presentato alla Mercedes

FIAT decide di vendere il progetto e lo fa con BOSCH tramite la Mercedes, dopo avere presentato a Dieter Zetsche (poi divenuto CEO del Gruppo Chrysler), nel mese di febbraio, una Mercedes 250 equipaggiata con quattro storici iniettori (i diamanti) che convincono anche i più scettici La vendita si conclude, pur con un valore della transazione non commisurato al vero valore industriale del progetto.

## 1995 BOSCH acquisisce il know-how di ELASIS

I tedeschi comprendono a fondo la potenzialità del progetto, ma faticano nel mettere a punto dell'iniettore. La centralina e il software vengono riviste da BOSCH. La centralina viene miniaturizzata e ridotta a un solo componente con controller e power stage. L'accoppiamento e le ridotte dimensioni sono possibili grazie a una geniale idea ELASIS. L'iniettore collabora all'induttanza della centralina: il circuito magnetico dell'iniettore, quando a riposo, funziona da serbatoio di energia. Così si può ridurre l' induttanza della centralina. La caratteristica di sistema è sempre più evidente. Il software viene riscritto in linguaggio C, la centralina cambia microprocessore.

I motori a quattro e a cinque cilindri sono sui banchi motore con una nuova camera di combustione e forniscono prestazioni che confermano i trend dell'ormai dimenticato motore Croma.

Il rumore si abbassa perché l'iniettore genera più iniezioni per ciclo (pilota, master, post-combustione) e accompagna una combustione più graduale. Gli iniettori vengono caratterizzati con l'aiuto dell'elettronica.

#### 1996 Le fasi di preparazione alla produzione

Bosch apprezza. FIAT spinge per ottenere la produzione al più presto e a Stoccarda si parla italiano. I test si fanno a Bari dato che Bamberg e Stoccarda non sono ancora attrezzate. BOSCH ordina i nuovi banchi di caratterizzazione idraulica degli iniettori ed è finalmente possibile misurare la singola iniezione. Le acquisizioni migrano su PC e le analisi divengono veloci. La nuova strumentazione evidenzia problemi di stabilità: l'iniettore non è pronto per la produzione. BOSCH acquista nuovi macchinari di lavorazione ad altissima precisione (frese *centerless*,). Le tolleranze di lavorazione divengono dell'ordine dei decimi di micron (famosa la lavorazione della testa dell'asta iniettore che garantiva 0.2 µm di linearità su una lunghezza di 20 mm), ma non sono sufficienti a garantire la ripetibilità pezzo a pezzo. Gli iniettori iniettano gasolio con differenze tra le singole iniezioni fino al 20% e le l'iniezione pilota è quella più critica. Anche se tutto pare funzionare, (l'iniezione pilota, la master, lo spray che con polverizzatori *mini-sac* garantisce una buona combustione in camera), lo scarto di prima produzione raggiunge il 30%.

#### 1997 La produzione e le prime vetture di serie

Ci sono grandi sforzi da parte di BOSCH ed ELASIS, che cambia nome in TDIT (Tecnologie Diesel ITalia), per migliorare la qualità della produzione e gli iniettori di scarto riducendo le derive di portata con la durata. L'iniettore e la pompa vengono rivisti in tutti i loro componenti e vengono applicati tutti gli standard delle *BOSCH Norm*. L'Alfa Romeo 156 JTD prima e la Mercedes CDI sono i primi due veicoli Diesel al mondo equipaggiate con il sistema *Common Rail* per veicoli leggeri. Il successo prende avvio e non si fermerà presto.

## 1998 L'ingresso di Delphi tra i competitor

La multinazionale americana Delphi Corporation vede nel *Common Rail* il business del futuro. Il centro di sviluppo in Lussemburgo riprende il concetto *Common Rail* del Dr. Ganser e sviluppa una sua versione parallela. Il concetto iniziale si basa su soluzioni provenienti dagli iniettori benzina, che, però, il gasolio ad alta pressione e la cavitazione corrodono rapidamente. Le tenute di alta pressione sono inefficaci. il ritardo tecnologico / commerciale appare quasi incolmabile.

#### 1999: Delphi si interessa a Lucas-Varity

Nel frattempo BOSCH ha protetto i componenti con brevetti ombrello rendendo vita difficile alla concorrenza. Sul mercato c'è Lucas (proprietà della TRW) che è avanti nello sviluppo e vicina alla produzione. La Delphi vuole entrare aggressivamente sul mercato e propone a TRW l'acquisto del business Lucas. L'accordo ha successo e quindi il concetto di Lussemburgo lascia il posto alla Lucas sviluppata in Blois (FR) e Gillingham (UK). Nel 2000 Lucas Varity diverrà Delphi Diesel System.

#### 2001 Delphi lancia il suo Common Rail

Delphi esce sul mercato fornendo Renault. Il gruppo PSA lascia BOSCH. L'iniettore Lucas è buono ma soffre i problemi di cavitazione che ELASIS aveva già risolto. Gli interventi sulla durezza dei materiali non hanno esito positivo, va rivista la fluidodinamica della valvola di regolazione per evitarne l'erosione / corrosione. La gestione della produzione ha uno stile francese, veloce e flessibile. Il cammino tecnico per risolvere le problematiche della cavitazione esige gli stessi passi fatti precedentemente da ELASIS / BOSCH.

#### 2004 BOSCH propone un nuovo iniettore Common Rail con attuatore piezoelettrico

Le norme antinquinamento sono sempre più stringenti e si ipotizza che un iniettore *Common Rail* basato su un attuatore a solenoide possa divenire il collo di bottiglia dell'intero sistema. Fa la sua comparsa l'attuatore piezoelettrico che velocizza e migliora il dosaggio. Tolleranze di assemblaggio e sensibilità alle dilatazioni termiche divengono estreme. Sistemi con lo stack piezoelettrico flottante e controbilanciamenti termici rendono il progetto possibile. L'iniettore va solo su veicoli premium poiché decisamente più costoso di un iniettore a solenoide. L'iniettore piezoelettrico BOSCH è così robusto che non ha problemi nemmeno in Cina dove i gasoli da autotrazione sono meno raffinati che in Europa. La pressione nel rail sale a 1800 bar.