21

Università degli Studi di Palermo 1806-2016

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Il trasferimento tecnologico tra industria aeronautica, automobilistica e motociclistica

Relatori del seminario: Antonio Ciotola, Massimo Clarke, Lorenzo Morello, Luciano Sadini
Esposizione di motociclette storiche a cura della Associazione Siciliana Veicoli Storici

Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi

Dipartimento di Ingegneria Chimica Gestionale Informatica Meccanica
Scuola Politecnica, viale delle Scienze, edificio 8 *Macchine*

12 maggio 2016 ore 9:00

Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi
MUSEIUNIPA
scuola politecnica
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA GESTIONALE INFORMATICA MECCANICA
AERONAUTICA MILITARE
Automotoclub Storico Italiano
Vivere Ingegneria

AUTOMOTOCLUB STORICO ITALIANO

Commissione Cultura

Conferenza

Il trasferimento tecnologico tra industria aeronautica, automobilistica e motociclistica

12 maggio 2016

Museo dei Motori dell'Università degli Studi di Palermo

Il 12 maggio 2016, si è svolto a Palermo un seminario intitolato Il trasferimento tecnologico tra industria aeronautica, automobilistica e motociclistica, organizzato in collaborazione dalla Commissione Cultura dell'ASI, dal Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi dell'Università di Palermo e dall'Aeronautica Militare. Il seminario è stato presieduto dall'ing. Giuseppe Genchi, fondatore e responsabile operativo del Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi e membro della Commissione Cultura. Dopo i saluti e le introduzioni del Prof. Umberto La Commare, delegato del Rettore per l'innovazione tecnologica, e del nostro Presidente avv. Roberto Loi, sono stati svolti quattro interventi. L'evento è stato arricchito dalla mostra temporanea di una selezione di motociclette di elevato interesse storico, tecnico e collezionistico, realizzata all'interno del Museo dall'Associazione Siciliana Veicoli Storici. La manifestazione è stata realizzata con il supporto della Associazione Studentesca Vivere Ingegneria.

Programma del seminario

Ore 9:00
Saluti del Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Palermo, prof. Fabrizio Micari
Saluti del Presidente dell'Automotoclub Storico Italiano, avv. Roberto Loi

Ore 9:30
I caccia intercettori della Regia Aeronautica dal 1935 al 1943.
Relatore: Col. Luciano Sadini, storico del settore aeronautico e membro della commissione cultura dell'ASI;

Ore 10:15
Esempi di trasferimenti di idee e progettisti.
Relatore: ing. Lorenzo Morello, storico dell'automobile e presidente della commissione cultura dell'ASI;

Ore 11:00
Esempi di trasferimenti di materiali e tecnologie.
Relatore: dott. Massimo Clarke, giornalista tecnico del settore motoristico e membro della commissione cultura dell'ASI;

Ore 11:45
Dalla sperimentazione alla vita comune. Esempi di trasferimenti tecnologici recenti.
Relatore: cap. GArn Antonio Ciotola, ingegnere sperimentatore del Reparto Sperimentale di Volo dell'Aeronautica Militare.

Ore 12:30
Conclusione dei lavori e dibattito.

AUTOMOTOCLUB STORICO ITALIANO

Commissione Cultura

Trasferimenti tecnologici tra industria aeronautica, automobilistica e motociclistica

Il 12 maggio 2016, si è svolto a Palermo un seminario intitolato *Trasferimenti tecnologici tra industria aeronautica, automobilistica e motociclistic*a, organizzato in collaborazione dalla Commissione Cultura dell'ASI, dal Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi dell'Università di Palermo e dall'Aeronautica Militare.
L'evento, inserito nell'ambito delle manifestazioni culturali organizzate in occasione del 210° anniversario della fondazione dell'Università degli Studi di Palermo, si è svolto nel citato Museo. Ha richiamato una nutrita partecipazione di studenti dell'università, delle scuole superiori e di appassionati e ha dato agli intervenuti l'occasione per visitare e apprezzare l'interessante Museo, in cui si è anche svolta l'esposizione temporanea di una selezione di motociclette di particolare interesse tecnico e collezionistico, presentata dall'Associazione Siciliana Veicoli Storici.
Il seminario è stato presieduto dall'ing. Giuseppe Genchi, fondatore e responsabile operativo del Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi e membro della Commissione Cultura dell'ASI.
Dopo i saluti e le introduzioni del Prof. Umberto La Commare, delegato del Rettore per l'Innovazione Tecnologica, e del Presidente ASI, avv. Roberto Loi, sono state presentate quattro memorie.
Il col. Luciano Sadini, storico del settore aeronautico e membro della Commissione Cultura dell'ASI, ha presentato *I caccia intercettori della Regia Aeronautica dal 1935 al 1943*, fornendo una panoramica generale sulle tecnologie aeronautiche nel periodo in cui i trasferimenti tecnologici sono stati più intensi.
L'ing. Lorenzo Morello, storico dell'automobile e Presidente della Commissione Cultura dell'ASI, ha introdotto *Esempi di trasferimenti d'idee e progettisti*, dimostrando come l'industria dell'automobile si sia giovata di tecniche e idee concepite per l'aviazione.
Di seguito, il dott. Massimo Clarke, giornalista tecnico del settore motoristico e membro della Commissione Cultura dell'ASI, ha presentato *Esempi di trasferimenti di materiali e tecnologie,* illustrando molti casi riguardanti motori, applicati ad automobili e motociclette.
Infine, il cap. GArn Antonio Ciotola, ingegnere del Reparto Sperimentale di Volo dell'Aeronautica Militare, ha presentato *Dalla sperimentazione alla vita comune. Esempi di trasferimenti tecnologici recenti*, dimostrando come, dopo anni di separazione dei due settori tecnologici, si presentino ora nuove occasioni di fruttuosi contatti, soprattutto nel settore dell'elettronica di controllo, applicata alla guida assistita di velivoli e veicoli.

I CACCIA INTERCETTORI DELLA REGIA AERONAUTICA

Relatore Col. Luciano Sadini

1. Progressi tecnologici degli aeroplani negli anni 30

A partire dal 1930 ci fu una vistosa metamorfosi nella costruzione dei velivoli, vennero infatti abbandonate le formule costruttive in legno/metallo con rivestimento in tela e si passò a realizzare velivoli con nuove forme strutturali e migliore impiantistica, in particolare:
aerei realizzati completamente in leghe di alluminio, a struttura portante (a guscio con rivestimento lavorante) molto più robusti, leggeri e facilmente riproducibili rispetto agli aerei completamente in legno o con strutture in metallo e rivestimento in legno o alluminio;
profili aerodinamici più puliti e accurati, studiati attentamente nelle gallerie del vento;
impiego di motori sempre più potenti e affidabili e, soprattutto nei velivoli da caccia, con cilindri in linea in quanto avevano sezioni frontali più piccole rispetto ai motori radiali e quindi migliore finezza aerodinamica che significava, a parità di potenza, velocità superiori;
abitacoli chiusi e carrelli retrattili che miglioravano la penetrazione aerodinamica;
eliche di costruzione metallica (più leggere e resistenti) e a passo variabile in volo che consentivano di sfruttare al meglio la potenza del motore alle varie quote;
ali monoplane (anziché biplane) a sbalzo (senza tiranti) dotate di ipersostentatori che ne aumentavano la superficie in decollo e atterraggio;
impianti di bordo per navigare (radioaiuti per la navigazione e l'atterraggio) e radio per comunicare con le stazioni di terra.

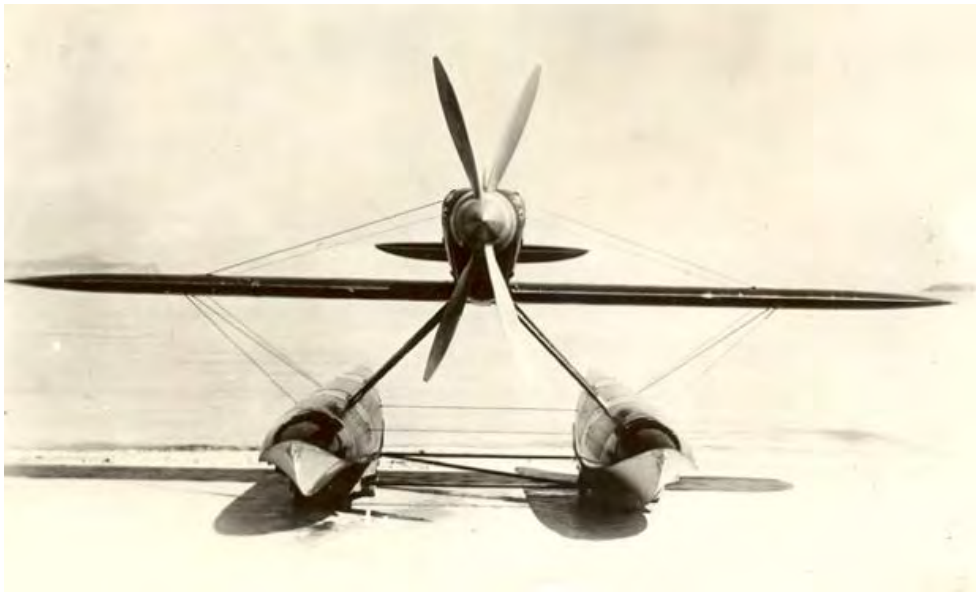


Fig. 1: L'idrocorsa Macchi **MC72** visto di fronte, notare la finezza aerodinamica che gli consentì di arrivare alla velocita di 709 km/h, record di velocità ancora imbattuto per idrovolanti con motori a pistoni

L'industria aeronautica italiana con la realizzazione dell'idrocorsa Macchi **MC72** nel 1931 era ritenuta all'avanguardia, sia per tecnologia aeronautica che per motoristica. Il velivolo aveva un'estrema finezza aerodinamica e il motore, un **Fiat AS 6**, forniva ben 2800-3000cv, il più potente realizzato al mondo. Tale velivolo venne costruito per partecipare alla Coppa Schneider del 1932 ma per problemi di carburazione del nuovo motore non venne inviato alla gara(la coppa Schneider venne vinta dal Supermarine S6B con motore Rolls Royce R da 2350cv con il quale venne stabilito anche il record di velocità assoluta con 655Kmh). Risolti i problemi della carburazione (aiutati anche dagli inglesi che fornirono conoscenze sull'uso e realizzazione di benzina a più alti numeri di ottani) nell'aprile del 1933 il velivolo fece un primo record di velocità assoluta raggiungendo 688kmh. Dopo aver migliorato il rendimento del motore, nelle prove ufficiali fatte presso la scuola di alta velocita di Desenzano, sul lago di Garda, il pilota M.llo Agello, il 23/10/34 portò i velivolo a raggiungere la velocità di 709kmh, record assoluto di velocità per aereo che rimase tale fino al 1939 ed è tuttora imbattuto per la categoria d'idrovolanti con motori a pistoni. In prove non ufficiali arrivò a toccare i 730kmh.

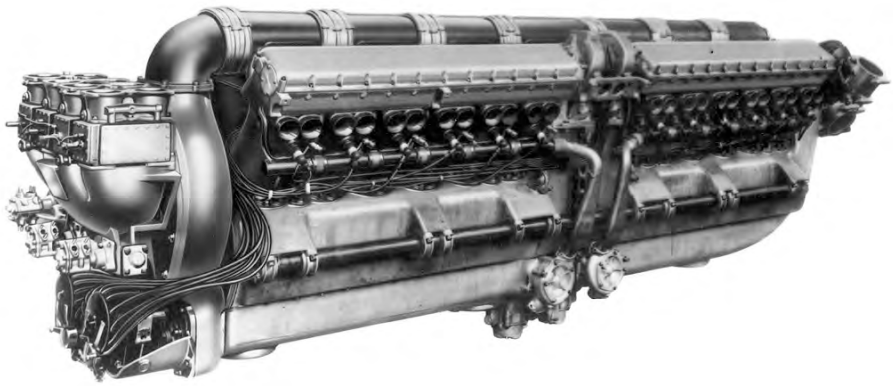


Fig. 2: Il motore Fiat AS 6, progettato dall'ing. Tranquillo Zerbi (unificando 2 motori AS5) a 24 cilindri disposti a V, in due camere separate di 12 cilindri ognuna azionante un proprio albero motore e elica, della potenza complessiva di 2800-3000cv

Un conto però erano i prototipi realizzati per battere record, voluti e pagati dal regime anche per propaganda e prestigio (pilotati dai migliori "manici" italiani) di cui l'industria aeronautica italiana, in tutto il decennio ne fece larga incetta, un conto erano i velivoli da produrre in serie per le attività operative che dovevano essere assai funzionali e alla portata dei normali pilotati. Le principali industrie aeronautiche americane, inglesi, tedesche e francesi si attrezzarono per applicare sui velivoli tutte o almeno molte delle sopraindicate innovazioni tecniche, investendo nelle nuove tecnologie e nell'industrializzazione delle costruzioni aeronautiche che si tramutò in realizzazione di velivoli moderni, facili da riprodurre ed in motori sempre più potenti e affidabili. In Italia queste nuove tecniche vennero disattese, le industrie che erano di tipo artigianale non vollero investire nella realizzazione di nuovi macchinari per le costruzioni metalliche. Queste continuarono ad utilizzare le vecchie tecnologie, in legno e legno e metallo, che comunque garantivano lauti guadagni per le richieste di velivoli fatte dalla Regia Aeronautica sempre più crescenti per soddisfare le esigenze belliche dovute dalla guerra di Etiopia e di Spagna e delle esportazioni (grazie soprattutto alla pubblicità derivante dai record aeronautici acquisiti). Ancora nel 1940, solo pochissime ditte erano attrezzate per costruire velivoli interamente metallici e fu solo per volontà dello Stato Maggiore Aeronautico che i caccia intercettori vennero realizzati interamente in metallo, sebbene, per la maggior parte, ancora biplani (**CR32** e **CR42**), con posti di pilotaggio aperti, senza radio (anche per la loro pratica inefficienza) e con un armamento composto di sole 2 mitragliatrici. Purtroppo il peso della radio o di ulteriori armi avrebbe ridotto le già misere velocità massime dei velivoli e si preferì rinunciare a tali pesi.

2. Le industrie aeronautiche italiane nel 1935

L'industria aeronautica italiana, nel 1935, era abbastanza sviluppata sia per numero di fabbriche che di operai impiegati in quanto, era composta da 9 grandi complessi industriali, con varie ditte dipendenti o facenti parte dello stesso proprietario, tutte però con propri Uffici Tecnici di studio e progettazione che sfornavano una infinità di progetti e di prototipi in competizione anche nello stesso gruppo industriale. Le lavorazioni erano artigianali per lo più di tipo ligneo o di metallo e legno quindi non adatte alle grandi produzioni in serie. Solo alcune di esse avviarono la produzione di velivoli interamente metallici (Fiat e Breda) ma ancora con un concetto di costruzione artigianale con strutture metalliche ricoperte in alluminio che risultavano molto robuste ma altrettanto molto pesanti, penalizzando così le prestazioni dei velivoli, che tra l'altro non disponevano di adeguati motori potenti. La maggior parte di queste industrie era sparsa nell'Italia settentrionale, poche erano in quella centrale, pochissime nel sud. Grazie ai successi internazionali delle crociere di massa volute da Italo Balbo e della conquista di numerosi record di velocità e autonomia, i velivoli e le ditte costruttrici italiane godevano di una buona fama in ambito internazionale e, grazie anche al supporto fornito dal governo, buona parte della produzione veniva esportata. L'industria aeronautica, nel quinquennio 35-40, passò dai 50 aerei prodotti al mese nel 1935, ai 150 nel 1939, con la previsione di arrivare a 300 aeroplani per il 1940 e addirittura a 1000 per l'anno successivo (previsione quest'ultima fatta dalla R.A. sulle potenzialità industriali che purtroppo non fu mai raggiunta in tutto il periodo bellico, mantenendosi sempre intorno alle 300 unità mensili, per la mancanza di sostanziosi ordini da parte della stessa RA, di adeguate predisposizioni industriali ma soprattutto per la mancanza delle materie prime necessarie alle costruzioni).

Di seguito sono riportati i gruppi industriali aeronautici italiani, dediti sia alla costruzione di cellule e/o di

motori:

Caproni S.A., di gran lunga il più grande per numero di fabbriche e personale impiegato (23.000 nel 38), composto dalle ditte:

- **Caproni Taliedo,** produceva principalmente bombardieri medi e caccia;
- **CAB (**Caproni Aeronautica Bergamasca) di Bergamo, produceva principalmente ricognitori bimotori terrestri;
- **Caproni Vizzola Ticino**, produceva velivoli monomotori;
- **OMIR** (Officine Meccaniche Industriali Reggiane,) di Reggio Emilia, produceva prima velivoli (S79) e motori su licenza (Piaggio ed Alfa), dal 37 iniziò a pensare di progettare caccia di moderna generazione e si attrezzò per la loro costruzione industriale, con tecniche moderne;
- **CNA** (Compagnia Nazionale Aeronautica) di Roma Littorio, produceva aerei da turismo e motori per gli stessi;
- **AVIS** di Castellamare di Stabia, produceva velivoli da addestramento;
- **Isotta Fraschini** di Milano (650/2600), dedicata alla costruzione di motori aeronautici e marini in linea raffreddati ad aria e liquido.

S.I.A.I. (7700 dipendenti nel 38)costituita dalla SIAI di Vergiate e di Sesto Calende per la produzione di velivoli plurimotori civili e militari (S75, S81, S79) con strutture di metallo e coperture in legno.

AERITALIA, secondo come grandezza e numero di dipendenti (8600 nel 38) ma primo per produzione complessiva di aeromobili e motori, costituito da:

- **Aeritalia** di Torino, per la produzione di caccia, bombardieri, velivoli civili da trasporto e addestramento in metallo;
- **Fiat** di Torino per la produzione di motori;
- **CMASA** (Costruzioni Meccaniche Aeronautiche S.A.) a Marina di Pisa per la produzione di velivoli da caccia e idrovolanti da ricognizione metallici,
- **CANSA** a Cameri, per la produzione di velivoli scuola.

BREDA (4000 dipendenti nel 38) costituita dalla **Breda** di Sesto San Giovanni e **IMAM** di Napoli, specializzate nella produzione di velivoli da assalto e combattimento metallici e addestratori.

CRDA (Cantieri Riuniti dell'Adriatico, 3800 dipendenti nel 38), a Monfalcone, specializzata nella costruzione di velivoli da ricognizione e bombardamento in legno.

PIAGGIO S.A. (5400 dipendenti nel 38) con la Piaggio di Finale Ligure, Marina di Pisa e Pontedera per la costruzione di motori e velivoli propri e su licenza. Si stava attrezzando per la progettazione e costruzione di grossi bombardieri quadrimotori, culminati nel 1939 con il Piaggio **P108B**.

MACCHI, (2300 dipendenti) di Varese e sussidiaria **AUSA** di Foligno, dedite alla costruzione di idrovolanti plurimotore da trasporto e ricognizione, velivoli idro da record, di costruzione prevalentemente lignea. Si attrezzò dal 1936 alla costruzione dei nuovi caccia metallici.

S.A.I. (1350 dipendenti nel 38) Ambrosini a Passignano sul Trasimeno e sussidiaria **Aersicula** a Palermo, dedita alla costruzione di idrovolanti e velivoli da turismo propri e su licenza.

ALFA ROMEO (7500) a Milano, per la produzione di motori. Durante la guerra aprì un ulteriore stabilimento a Napoli per la produzione del motore tedesco Daimler Benz 601.

L'industria motoristica italiana, dopo aver prodotto ottimi **motori in linea** raffreddati a liquido, dopo gli anni 30, ebbe un'inversione di tendenza, complici forse anche le richieste degli alti vertici militari e passò a produrre motori raffreddati ad aria. Non avendo esperienza sulla progettazione e costruzione di questi motori, ricorse alla produzione su licenza in particolare: la **Fiat** dei motori **Pratt e Whitney** americani (Fiat A80 e A76); **l'Alfa Romeo** dei **Bristol** Jupiter inglesi (A126); la **Piaggio** dei **Gnome et Rhone** francesi (PVII e PXI), tutti di potenze non superiori a 1000cv. Solo L'Isotta Fraschini, dopo aver prodotto per un breve

periodo il motore radiale K14 della Gnome e Rhone, la cui licenza poi passò alla Piaggio, continuò a costruire motori di propria progettazione in linea raffreddati ad aria o a liquido.

3. I caccia della R.A, specializzazioni e tipi.

Verso la metà degli anni 30, le specializzazioni dei velivoli da caccia nella Regia Aeronautica erano le seguenti:

Caccia da Assalto: realizzati secondo le teorie del Ten. Col. Mecozzi che indicava nelle forze armate terrestri nemiche l'obiettivo fondamentale delle azioni aeree mediante l'impiego di aerei da caccia nel "volo rasente o da assalto" per l'attacco con mitragliatrici di bordo e bombe di piccolo calibro. Una volta terminato questo compito il velivolo poteva essere impiegato anche come un normale caccia Intercettore (Caproni **AP1** e Breda **BA 64 e 65**);

Caccia da Combattimento: per attaccare i bombardieri avversari, per questo dovevano avere: 2 potenti motori per permettergli di raggiungere agevolmente i velivoli nemici, essere potentemente armati per conseguire il loro facile abbattimento ed avere una notevole autonomia, in quanto dovevano pattugliare le zone da difendere. Tali velivoli inoltre potevano essere impiegati per il bombardamento leggero e l'osservazione strategica (Breda **BA88** e Fiat **CR25**)

Caccia Intercettori: o su allarme, per la ricerca di caccia e bombardieri nemici ed affrontarli in combattimenti manovrati. Dovevano essere monomotori, molto manovrabili e leggeri sacrificando, se necessario, i pesi a vantaggio della loro velocità ascensionale e delle loro qualità evolutive, naturalmente l'addestramento dei piloti era specifico per questa tipologia di combattimento.

Fig. 3: il biplano Fiat **CR 32**, in una delle sue prime versioni.
(1° volo apr. '33, motore Fiat A30 da 600cv, Lunghezza 7,45 m, Apertura alare 9,5m, Altezza 2,63 m, Superficie alare 22,10 mq, Peso a vuoto/max 1350/1850 kg, Velocità max 375-350 km/h, salita a 6000m in 14,25'', armamento 2x12,7 (+2x7,7) + 2x50kg bombe. Costruiti più di 1200 esemplari dal '34 al '39, esportato in Austria (45), Ungheria(76), Venezuela (10), Paraguay (5) Spagna (circa 400 inviati e 100 esemplari prodotti su licenza). Impiegato dalla RA in Spagna e durante la II WW, in Italia, Libia, Albania, Egeo e AOI come Caccia Intercettore, Caccia Assalto e Caccia Notturno, fino a tutto il 1941).

Per quanto riguarda i Caccia Intercettori la R.A. aveva negli anni 30 in linea solo caccia biplani, con abitacolo scoperto, estremamente manovrabili, quali il Fiat **CR 20 Asso**, **CR 30** e **CR 32**, tutti progettati dall'ing Celestino Rosatelli. Il **CR 20 Asso** fu costruito in più di 200 esemplari nel periodo 1931/2, era un miglioramento del **CR 20**, apparso nel 1926 e del **CR 20 bis** del 1930, aveva una velocità max di soli 250kmh ed un armamento di due mitragliatrici da 7,7 sparanti attraverso l'elica. Il suo successore il **CR 30** fu costruito dal 1933, aveva una velocità massima di 350kmh ed armamento simile al **CR 20**. Ebbe però breve vita operativa perché fu sostituito dal 1934 dal **CR 32,** i 120 **CR32** costruiti vennero trasformati in biposto e passati all'addestramento, dove ebbero un discreto successo, tanto che la produzione venne ripresa durante la guerra dalla CANSA. Il caccia **CR32**, volò per la prima volta il 29 apr. 1933, era, in pratica, un **CR30**, con

le ali ridotte che gli consentivano una maggiore velocità e maneggevolezza, con struttura mista: longheroni e centine in duralluminio e rivestimento in tela. La fusoliera era in tubi di alluminio e acciaio, ed era rivestita in duralluminio dal muso fino al posto di pilotaggio, sul dorso e nella parte inferiore fino alla coda ed in tela nella parte restante (lati e pancia). Il motore era il Fiat A30, raffreddato ad acqua, in linea, con 12 cilindri a V di 60°, con una potenza massima di 600CV, molto affidabile. Nel 1935 volò un suo sviluppo, il **CR33**, dotato di un motore A33, la cui potenza era stata portata a 700cv, con il quale raggiunse la velocità di 422kmh. La messa a punto del motore fu però lunga e laboriosa e quando fu completata, nel 37, le tendenze della Fiat erano ormai di impiegare motori radiali, per cui vennero realizzati i prototipi **CR40** (motore Mercury da 550cv e poi A59 da 700cv), **CR41** (motore K14 da 900cv) e infine, nel 1938, il **CR42** con motore Fiat A74 da 840cv. **Il CR32** fu armato inizialmente con 2 mitragliatrici Breda-SAFAT da 7,7 mm, poi sostituite da due da 12,7 mm, con 350 colpi ciascuna, montate sopra la capotta del motore e sparanti attraverso il disco dell'elica, con un sistema di sincronizzazione. L'abitacolo del pilota era aperto, con un parabrezza. La strumentazione era composta da: bussola OMI 03, anemometro da 460 km/h, variometro, virosbandometro, contagiri, altimetro da 8.000 m, traguardo di puntamento a visuale libera e cannocchiale con poggiafronte per mirare, poi sostituito da un collimatore a riflessione. Era predisposto per montare un apparato radio che, quando installato, era collegato ad un generatore elettrico a mulinello posto al centro dell'ala superiore. Purtroppo solo gli esemplari destinati all'esportazione furono dotati di radio, perché quella in dotazione alla R.A. era solo ricevente, di difficile uso e non stabile in frequenza per cui, per risparmiare peso utile, si rinunciò alla sua installazione. Alla radice della semiala inferiore sinistra poteva essere installata una cine fotomitragliatrice OMI FM.62. Il CR32 nella prima versione fu prodotto in 383 esemplari, di cui 291 destinati alla Regia Aeronautica, 76 all'Ungheria e 16 alla Cina. La produzione dal 1935 continuò con la versione **CR32Bis** con 328 esemplari che avevano in più 2 mitragliatrici da 7,7 mm nell'ala inferiore, con tiro al di fuori del disco dell'elica. In molti degli esemplari consegnati le mitragliatrici alari furono poi rimosse per ridurre i pesi. Ci fu poi il **CR32ter** prodotto in 103 esemplari ed ultimo nel 38-39 il **CR32quater**, ritornato alle sole 2 mitragliatrici in fusoliera, prodotto in 298 esemplari.

Allo scoppio della Seconda guerra mondiale erano in linea 294 **CR32** che vennero impiegati come caccia I (Intercettori), CB (Cacciabombardiere o Assalto) e CN (Caccia Notturno) in Africa settentrionale, AOI, Egeo e Italia, fino tutto il 1941 per passare poi alle scuole di volo. Nettamente inferiore ai velivoli avversari, compreso il biplano Gloster **Gladiator** inglese (che era più veloce, più armato e più manovrabile) venne proficuamente impiegato, sia in AS che in AOI come cacciabombardiere con l'istallazione di 2 bombe da 50/100kg sotto le ali.

4. I nuovi Caccia Intercettori della R.A., concorso indetto nel 1936

Sulla scia di quanto aveva già fatto la Germania, l'Inghilterra e la Francia rispettivamente nel 1933, nel 1934 e nel 1935 che avevano chiesto moderni e veloci caccia intercettori monoplani da cui risultarono vincitori il **ME 109** (1° volo maggio 35) tedesco e il Supermarine **Spitfire** (mar. 36) e l'Hawker **Hurricane** (nov. 36) inglesi, il Morane 406 (ago 35), Bloch MB 150 (mag 37) e Dewoitine 520 (ott: 37) francesi, la Regia Aeronautica agli inizi del 1936 emise un concorso per dotarsi di un moderno monoplano da caccia.

Fig. 4: ME 109D con motore Jumo 210D, velocita max 480kmh, armato con 4x7.92, fu in linea dal 37 al 39, poi sostituito dalla versione "E" con motore DB601 (560kmh, 1x20 e 2x7.92) .

Fig. 5: Hurricane Mk 1, con motore Merlin I da 1000cv, 530kmh 8x7.7, in linea dalla fine del 1937.

Fig. 6: Spitfire Mk1, con motore Merlin I da 1000cv, 580kmh 8x7.7, in linea dagli inizi del 38.

Le specifiche tecniche, messe a concorso, chiedevano che il velivolo fosse: monoplano con motore radiale, completamente metallico, molto manovrabile, con una velocità massima non inferiore a 450kmh, molto veloce nell'arrampicata (4' per salire a 6.000m), avere un armamento di 2 mitragliatrici da 12,7, atterrare in 500m con un ostacolo di 8m, avere una visibilità anteriore completa e massima in quella laterale e inferiore e avere una stazione radio ricevente. Nell'eventualità potevano essere sacrificati pesi nelle dotazioni e nell'armamento a vantaggio della velocità massima orizzontale e soprattutto in quella di salita. Dei vari progetti presentati, la R.A. autorizzò la costruzione di 2 prototipi, per le valutazioni in volo, dei caccia Fiat **G 50** (primo volo nel feb, '37) Macchi **MC 200** (primo volo nel dic. '37) ed Imam **RO 51** (primo volo metà del 37). I velivoli furono poi trasferiti nel 1938 al centro sperimentale di Guidonia e nelle prove comparative la commissione della RA dichiarò vincitore il **MC 200**, seguito dal **G50.** Il **RO 51** fece riscontrare caratteristiche inferiori ma soprattutto aveva la costruzione lignea delle ali e venne pertanto non giudicato idoneo per la produzione in serie.

5. La guerra di Spagna

Nel frattempo nel luglio del 1936 era scoppiata la guerra civile di Spagna, dove Mussolini decise di schierarsi dalla parte dei rivoltosi, guidati dal Gen. Franco, inviando numerosi aiuti in uomini e mezzi aerei, terrestri e navali. La RA il 18 agosto 1936 inviò una prima Squadriglia di 12 caccia **CR32** con i rispettivi piloti che già il 21 dello stesso mese riuscì ad abbattere un primo velivolo nemico. In tutto il periodo della guerra, che durò fino all'aprile del 1939, vennero inviati più di 370 caccia **CR32** che costituirono varie squadriglie italiane ("Gamba di Ferro", "Cucaracha" e "Asso di Bastoni") dell'Aviazione legionaria e spagnole. Il velivolo venne

anche costruito su licenza in Spagna in circa 100 esemplari. Con l'agile biplano, gli italiani e gli spagnoli stabilirono subito la loro supremazia sugli avversari che avevano un vasto campionario di velivoli da caccia e da bombardamento provenienti da varie nazioni europee (principalmente dalla Russia). Grazie alla combinazione di manovrabilità del **CR32**, di abilità dei piloti da caccia dell'Aviazione Legionaria e dell'armamento più potente posseduto (12,7 contro 7.7), i biplani italiani riuscirono quasi sempre a prevalere anche su avversari più veloci e moderni come i caccia **I 16 RATA** e i bombardieri Tupolev **SB-2**, delle forze repubblicane. Con una perdita in combattimento di 73 Fiat **CR32** furono dichiarati abbattuti 242 biplani Polikarpov **I-15**, 240 monoplani **I-16 Rata** e 80 bombardieri **SB2.**

Fig. 7: Fiat **CR32** in combattimento manovrato contro i Polikarpov I **16 Rata** in Spagna

Il RATA era un monomotore ad ala bassa a sbalzo, realizzato dall'ing Polikarpov, compì il suo primo volo il 31 dicembre 1933, fu il primo monoplano al mondo con carrello d'atterraggio retrattile e corazzatura dell'abitacolo. Costruito dal 1934 al 1940 per un totale di circa 20000 esemplari, venne realizzato in diverse versioni con motori sempre più potenti, più veloci ed armati. Nella guerra di Spagna, furono impiegati circa 500 esemplari che dovettero cedere nel confronto manovrato con il Fiat **CR32** ed anche contro i caccia **ME 109** della legione Condor tedesca. I tedeschi, al contrario degli italiani che cercavano il combattimento manovrato, svilupparono per il loro caccia monoplano una nuova tecnica di attacco basata su sezioni di 4 velivoli che sfruttavano la già loro superiore velocità partendo da quote più alte in attacchi in picchiata evitando, per quanto possibile, di fare combattimenti manovrati.

Le notevoli caratteristiche acrobatiche del **CR32** e comunque il suo indiscusso successo in Spagna contro velivoli molto più veloci diedero però ai vertici della Regia Aeronautica l'errata convinzione che aerei con la formula biplana e con un'alta manovrabilità avessero ancora un valido potenziale bellico e continuò, unica nazione al mondo, a costruire il **CR32** fino a tutto il 1939 e sostituirlo con un ulteriore biplano il **CR42** che fu costruito dal 38 fino a tutto il 1944 in 1800 esemplari.

6. Aerei del Concorso Caccia Intercettori del 1936

Fig. 8: il Fiat **G50** prototipo che fece il 1° volo nel gennaio del 1937.

*(Motore radiale 14 cilindri Fiat A.74 RC.38, Potenza 840 CV, Lunghezza 7,79m, Apertura alare 10,96m, Altezza 2,96m, Superficie alare 18,15mq, Peso a vuoto/massimo 1975/2415 kg, velocità massima 472kmh, salita a 6000m in 7', autonomia 670km, tangenza 10700, armamento 2x12,7, bombe 2x160 in versione **G 50bis**)*

Fiat G 50

Progettato dall'ingegner Giuseppe Gabrielli, modificando un suo precedente progetto per un caccia d'assalto, effettuò il primo volo il 26 febbraio 1937; era un monoplano interamente metallico con ala bassa a sbalzo, con le sole superfici di governo rivestite in tela. Motorizzato con il radiale Fiat A.74 RC.38 di 840 CV che si dimostrò ottimo ed affidabile in tutti i climi e le circostanze di impiego, il velivolo evidenziò subito la tendenza, nelle manovre ed in certe determinate situazioni di volo, all'autorotazione, problema che venne risolto, in parte, modificando gli alettoni ed accorciando la deriva. Nelle valutazioni operative fatte dalla RA il **G50** si classificò secondo, dietro al Macchi **MC200** risultando meno veloce e manovrabile ma più facilmente riproducibile. Viste le capacità produttive del gruppo Fiat, la R.A. ordinò una prima serie di 45 velivoli (consegnati tra ott. '38 e lug '39) con abitacolo chiuso, seguita da altri 200 velivoli (consegnati tra set .'39 e ago. '40) con abitacolo aperto, tutti realizzati negli stabilimenti CMASA di Marina di Pisa. Agli inizi del 1939 una squadriglia di 12 velivoli **G50** venne inviata in Spagna dove non fece in tempo ad effettuare combattimenti contro i velivoli repubblicani. Alla fine della guerra i velivoli vennero ceduti alla Spagna.

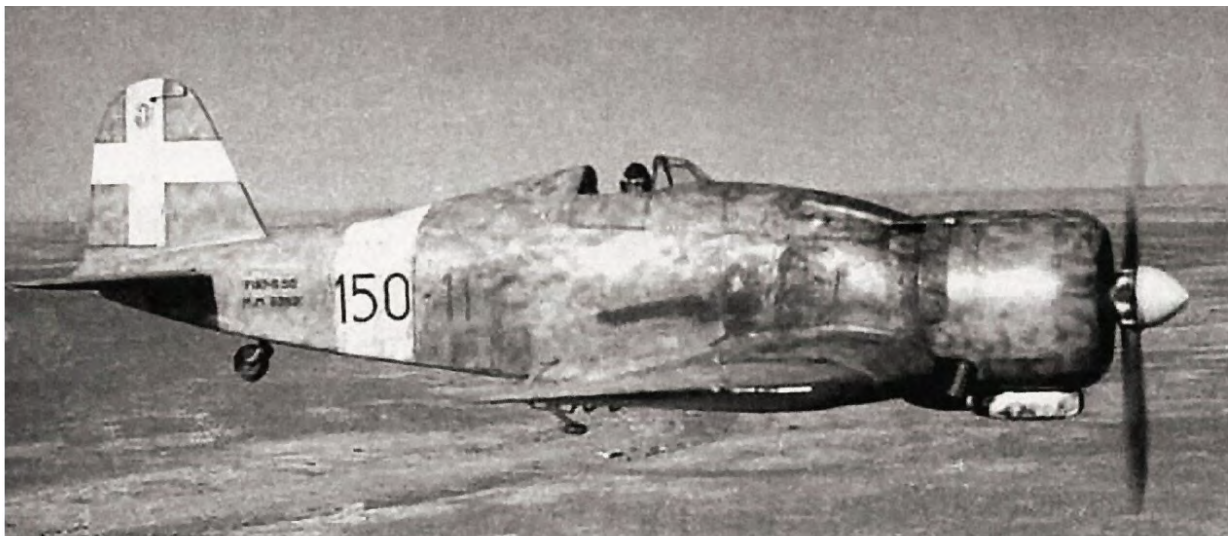


Fig. 9: Fiat **G 50 Bis** AS della 150 Squadriglia, in volo sul deserto libico 1941

Con le prime esperienze acquisite, la Fiat realizzò il **G 50Bis** (set. 40), con lievi modifiche (deriva e timone), aggiunta di corazzature e di carburante, per aumentare l'autonomia del velivolo. La R. A. ne richiese ben 421 esemplari (344 dalla Fiat e 77 dalla CMASA tra l'Ott. 40 e il mag. 42) piu ulteriori 110 **G 50 B** (CMASA) in versione biposto per l'addestramento dei piloti. Il velivolo, nonostante le modeste caratteristiche, rimase in produzione fino a tutto il 42 (ed il più ancora modesto **CR42** addirittura fino al 44) perchè la Fiat non aveva un aereo migliore da produrre fino all'avvento del **G55** nel 43 (La Fiat rifiutò le richieste avanzate dalla RA di produrre il **MC202** e relativo motore DB601 accettando, visto l'insuccesso del suo motore in linea RA 38, di produrre il motore DB605 per installarlo sul **G 55**).
Durante la guerra il velivolo venne impiegato sul fronte del Mediterraneo (Francia, Sicilia, Libia, Grecia) ed in Inghilterra. I piloti lo considerarono un velivolo difficile da pilotare soprattutto in fase di decollo e di atterraggio e per le non brillanti caratteristiche di volo lo definirono un "ferro da stiro". La migliore qualità evidenziata fu la robustezza della cellula, che ne favorì poi l'impiego come assaltatore con 2 bombe alari da 160kg.

Fig. 10: Fiat **G50** dell'aviazione finlandese sull'aeroporto di Malmi (1943)

35 velivoli Fiat **G 50** vennero esportati nell'inverno del 39 in Finlandia che li utilizzò con molto successo nella guerra contro la Russia dove abbatterono ben 99 velivoli russi. Altri 10 **G 50,** di cui uno biposto, vennero forniti all'aeronautica della Croazia nel giu. 42.

Macchi MC200

Il Macchi **MC200** era un monoplano monomotore da caccia ad ala bassa, interamente metallico, progettato dall'ing. Mario Castoldi. Effettuò il 1° volo nel dic.1937 ed entrò in linea dal giugno del 1939. La costruzione della fusoliera era del tipo a semiguscio, nelle prime serie aveva un tettuccio richiudibile che presentava però problemi di apertura e opacizzazione, per cui nelle successive serie si optò per la versione semiaperta, posteriormente terminava in un impennaggio classico monoderiva dotato di piani orizzontali a sbalzo. L'ala, ricavata in un'unica struttura, era completamente metallica ad eccezione del rivestimento in tela degli alettoni; nelle prime serie aveva un profilo alare costante, poi modificato in variabile. Tale modifica, effettuata sulla base degli studi condotti dall'ing Stefanutti nel 1940, mediante la semplice aggiunta esterna, in punti particolari dell'ala, di spessori in balsa che venivano fissati mediante incollatura, ricoperti in tela e verniciati, fece si l'aereo non ebbe più difetti di volo. Era molto maneggevole, stabile nelle picchiate ad alta velocità e fenomenale in cabrata, soltanto lo **Spitfire** aveva una velocità ascensionale superiore. L'armamento e la velocità massima erano però inferiori a quelle dell'**Hurricane** e soprattutto dello **Spitfire**.

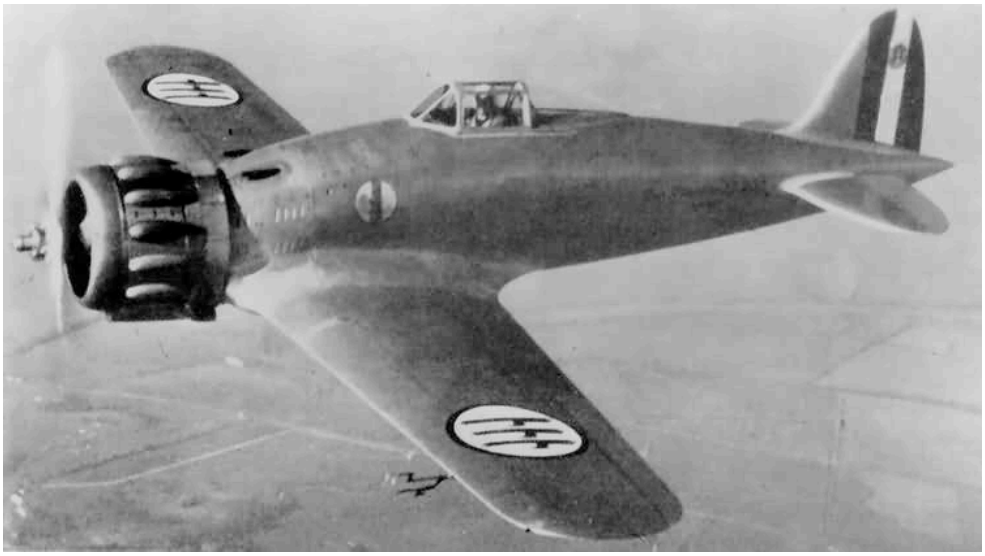


Fig.11: il Macchi **MC200** I serie in volo

(Motore radiale 14 cilindri Fiat A.74 RC.38, Potenza 840 CV, Lunghezza 8,19m, Apertura alare 10,68m, Altezza 3,51m, Superficie alare 16,81mq, Peso a vuoto/massimo 2014/2533kg, velocità massima 503kmh, salita a 5000m in 5'52'', autonomia 840km, tangenza 8900, bombe 2x160 nelle ultime serie)

Fig. 12: **MC 200** con abitacolo aperto e filtro antisabbia per le operazioni in Africa Settentrionale

Operò come caccia intercettore e cacciabombardiere, con 2 bombe da 160kg in ganci alari, su quasi tutti i fronti della seconda guerra mondiale, (Francia, Malta, Libia, Grecia e in Russia) ottenendo un eccellente rapporto di abbattimenti effettuati contro perdite subite. La sua costruzione risultava molto laboriosa, arrivando a più di 20.000 ore/lavoro a velivolo (contro le 7.000 del **ME 109)** e, dal giu. '39 al lug. '42, vennero costruiti 1150 velivoli, suddivisi fra Macchi, Breda e Società Aeronautica Italiana Ambrosini. Anche questo velivolo al pari del **G50** e **CR42** fu mantenuto in produzione perchè l'industria nazionale non riusciva a produrre numeri adeguati di motori DB 601 per equipaggiare il suo successore il **MC 202**. Non ci furono modifiche sostanziali particolari oltre quelle del filtro antisabbia, dell'aumento della corazzatura per il pilota, i ganci per trasportare bombe o serbatoi benzina, l'installazione radio e in alcuni velivoli di ulteriori 2 mitragliatrici da 7,7 sulle ali.

Il **MC 200** fino a tutto il 1941 poteva competere contro tutti i caccia nemici, uscendone spesso vincitore, solo lo Spitfire era in grado di surclassarlo abbondantemente in velocità ed armamento. Dagli inizi del 1942 in poi il MC200 divenne obsoleto anche per l'arrivo di caccia di prestazioni superiori sia nel Mediterraneo che in Russia.

IMAM RO 51

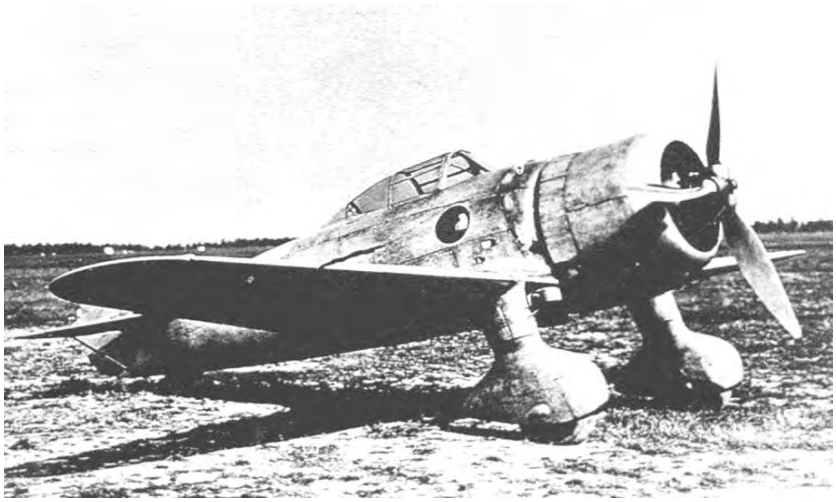


Fig. 13: Prototipo dell'IMAM **RO51** con carrello fisso. Venne subito modificato con uno mobile tipo BA 65

(motore Fiat A74 da 840CV, apertura alare 9,78m lunghezza 7,46m, altezza 2,71m, superficie alare mq. 18,2mq, peso a vuoto/massimo 1663/2092kg, velocità massima 489kmh, salita a 6000m, in 7', autonomia1200Km, tangenza 8850m, armamento 2x12,7mm).

L'IMAM Ro.51 era un caccia monoplano monomotore ad ala bassa di costruzione mista (fusoliera metallica e ali in legno) sviluppato dalle Industrie Meccaniche Aeronautiche Meridionali, su progetto dell'ing. Giovanni Galasso per partecipare al concorso caccia I del '36 e fu costruito in soli due esemplari. Valutato dalla Regia Aeronautica venne scartato nelle prove comparative con il Fiat **G50** e **MC200,** per le caratteristiche di volo inferiori e soprattutto perché aveva l'ala in legno. Il prototipo volò verso la metà del 1937 con un carrello fisso, modificato poi con uno retrattile. Il secondo prototipo venne realizzato con scarpone centrale per essere impiegato come idrocaccia. Al suo primo volo s'inabissò causandone la perdita. L'insuccesso determinò il definitivo abbandono di ogni suo sviluppo.

7. Programma R

La R.A., durante la guerra civile spagnola, vide che le altre aeronautiche stavano impiegando nuovi aeroplani metallici e velocissimi, sentì quindi la necessità di rinnovare e rinforzare il proprio materiale. Agli inizi del 1938, mise le basi per un programma di rinnovamento di tutte le specialità dell'aeronautica da attuarsi per il 1940, tendente a disporre di più di 3000 apparecchi operativi e di nuovi velivoli moderni da mettere in produzione. Questo, chiamato " Programma R", doveva quindi mantenere le aliquote aggiornate non solo numericamente ma anche tecnologicamente, la RA pertanto emise vari concorsi sia per motori che per velivoli abbracciando un po' tutte le specialità operative. In particolare questi concorsi richiedevano: Motori in linea da 1100cv, motori di grande potenza da 1500cv, motore piatto, motore d'alta quota, Caccia Intercettore, Caccia Combattimento, Bombardamento Medio, velivolo da Osservazione Aerea, Bombardiere a Grande Raggio, Idrobombardiere a Grande Raggio, velivolo da Ricognizione Marittima, velivolo imbarcato grandi navi e incrociatori

8. Il nuovo concorso Caccia Intercettori del 1938

La RA, resasi conto che all'estero le velocità raggiunte dai caccia erano nettamente superiori a quelli nazionali, nel 1938 emise un nuovo concorso per Caccia Intercettori, lasciando aperta la porta anche alla formula biplana, visti i successi ottenuti con il **CR 32** in Spagna. Le caratteristiche principali richieste per il nuovo caccia erano: salita a 6000m in 4'; velocità massima a 5.000m di 530kmh; velocità minima a bassa quota di 135kmh; autonomia a 6.000m e a 7/10 di potenza di 1 ora; armamento di 1 o 2 mitragliatrici di medio calibro; atterraggio, con ostacolo di 9,9m, di 500m.

Ci fu un miglioramento rispetto al precedente concorso per quanto riguardava la velocità massima, che

comunque rimaneva inferiore rispetto a quella di alcuni velivoli stranieri (era noto che lo Spitfire raggiungeva facilmente i 560kmh). Rimaneva invariato anzi "incredibilmente" ridotto quello dell'armamento, ora richiesto di 1 o 2 mitragliatrici (era noto che i caccia inglesi avevano 8 mitragliatrici ed i francesi e i tedeschi impiegassero anche cannoni da 20mm).

Alla lettera d'invito a gara del 5.1.38, inviata alle ditte costruttrici per il bando d'appalto del Caccia Intercettore, risposero:

- la Fiat con il **G 52** con motore Fiat A76 da 1000cv e velocità di 530kmh;
- la Macchi con il **MC 201** con motore Fiat A76 da 1000cv e velocità di 558kmh;
- la Nardi con il caccia leggero di costruzione interamente in legno **FN 530** con motore IF Asso da 700cv e velocita di 500kmh;
- la AVIS con il **CO 2** ad ala alta con motore Alfa 135 da 1350cv e velocità di 515 kmh,
- la Reggiane con il **RE 2000** con motore Piaggio PXI da 1000cv e velocità di 530kmh,
- la Breda con il **BA 100** con motore Alfa 135 da 1350cv e velocità di 580kmh;
- la Caproni con il biplano **CA 175 con motore IF 122 da** 1000cv e velocità di 532kmh.

Al termine delle valutazioni dei progetti e dei modelli fatta al Centro Sperimentale di Guidonia, la Commissione della Regia Aeronautica nel gennaio del 1939 dette i seguenti risultati:

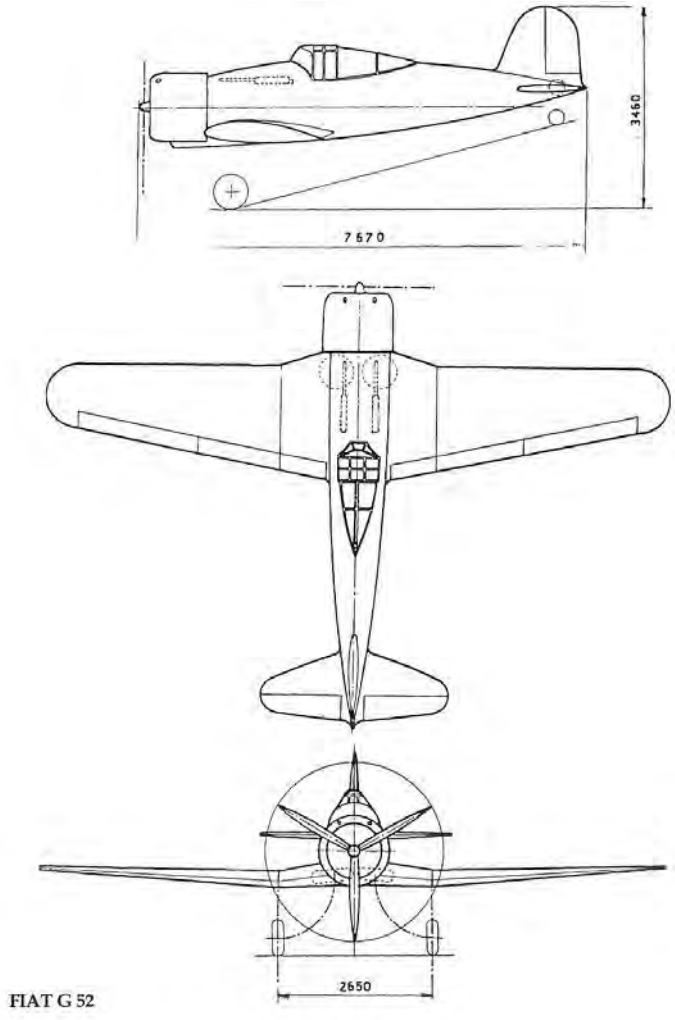


Fig. 14: disegni del Fiat **G 52**, con motore Fiat A38 da 1000cv

"G52 derivato dal G50, con motore Fiat A76 da 1000CV, velocità prevista di 530kmh, la struttura è in durall a guscio per la fusoliera e bilongherone per l'ala. Presenta sicurezza di riuscita anche se le caratteristiche di salita previste dalla ditta sembrano troppo ottimistiche. IDONEO"

Fig. 15:, il prototipo del Macchi **MC 201**, volò con motore Fiat A74 da 840cv, anziché l'A76 da 1000cv

"MC201, derivato dal MC200, con motore A76 da 1000CV, velocità prevista 558kmh, pur non soddisfacendo tutte le richieste del bando offre buone prospettive di riuscita; IDONEO"

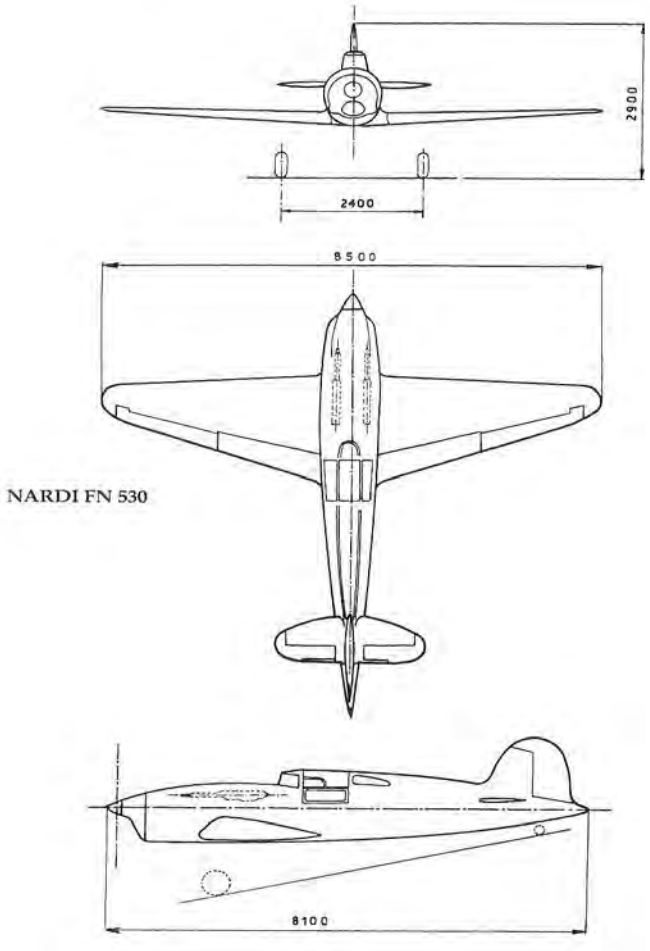


Fig 16: disegni del Nardi **FN 530**, motore IF Asso da 700cv

"Nardi FN530, presentato sia con motore stellare Mars 14 che lineare IF 120 RC35 Delta. Struttura mista con semiali in legno e piano centrale in tubi di acciaio, parte posteriore della fusoliera in durall. Velivolo molto interessante che in base alle prove in galleria del vento offre buone velocità e salita con bassa potenza e peso a vuoto. IDONEO con entrambi motori fatta salva garanzia poter ottenere forniture di motore straniero".

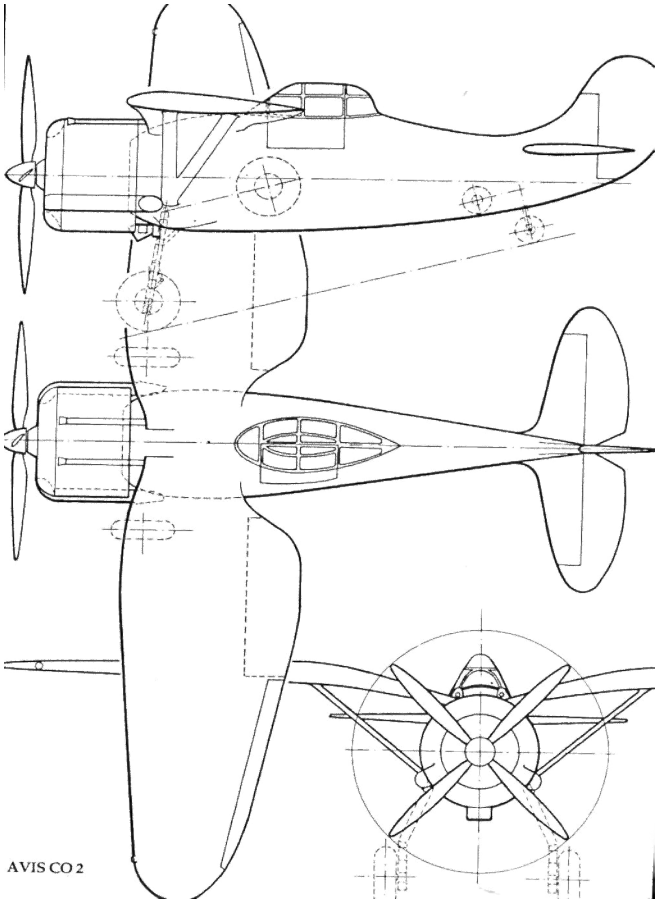


Fig. 17: AVIS **CO 2**, motore Alfa 135 da 1350cv,

“AVIS CO2, monoplano a semisbalzo con ala alta, carrello retrattile in fusoliera, struttura in durall e fusoliera a guscio. Nonostante la potenza del motore Alfa 135 (1350cv) non raggiunge la velocità max richiesta, è prevista una scarsa maneggevolezza per l'alto peso e carico alare, di scarsa visibilità per l’ala alta. Di formula superata. NON IDONEO”

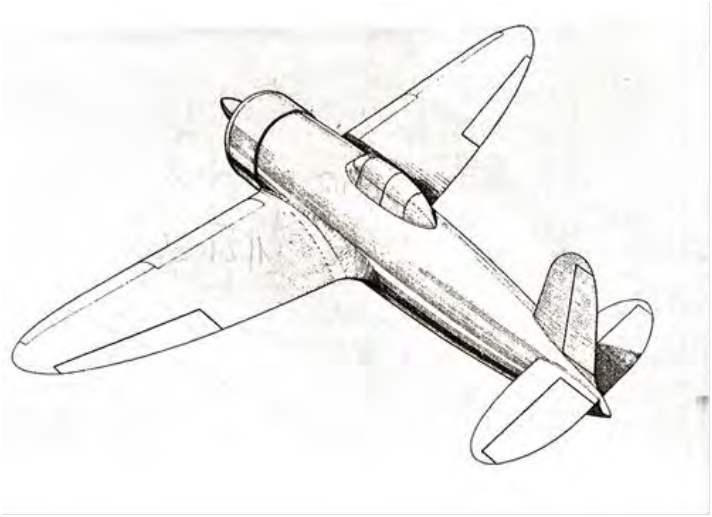


Fig. 18: Breda **Ba 100**, con motore Alfa A135 da 1350cv, non ritenuto idoneo per l’elevato peso a vuoto.

“AVIS CO2, monoplano a semisbalzo con ala alta, carrello retrattile in fusoliera, struttura in durall e fusoliera a guscio. Nonostante la potenza del motore Alfa 135 (1350cv) non raggiunge la velocità max richiesta, è prevista una scarsa maneggevolezza per l'alto peso e carico alare, di scarsa visibilità per l’ala alta. Di formula superata. NON IDONEO”

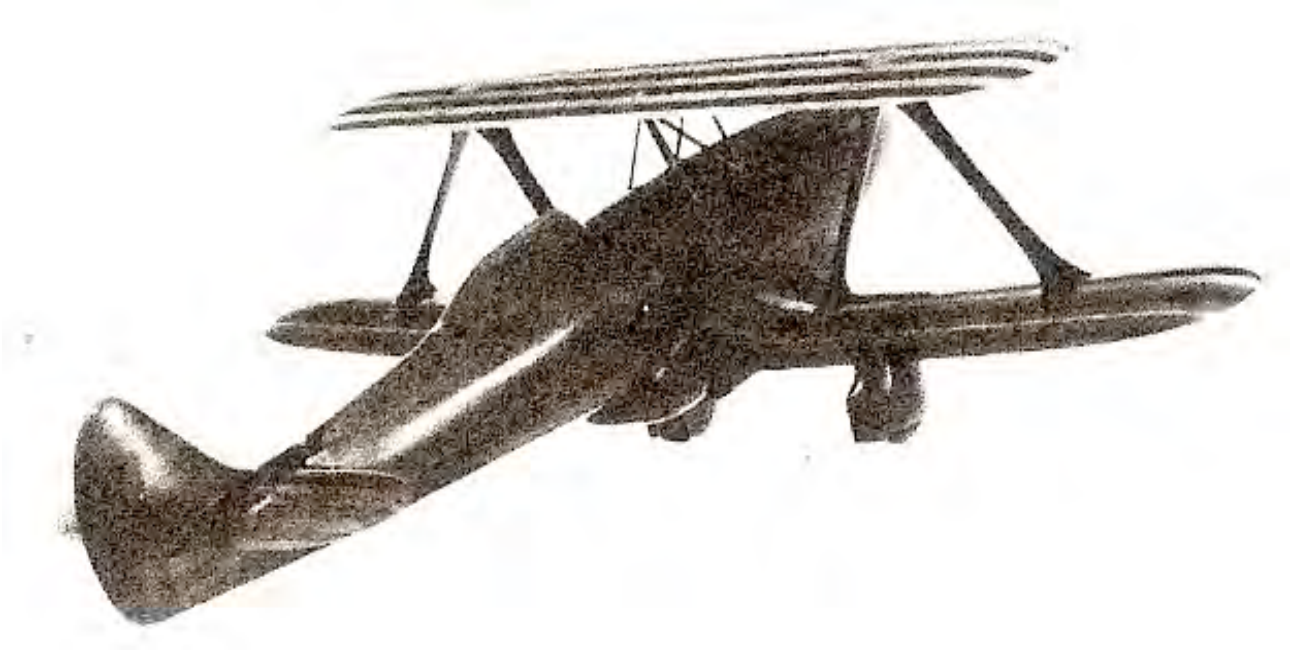


Fig. 19: modello del Caproni **CA 175**, con motore IF 122 da 1000cv, ritenuto idoneo, venne commissionato un velivolo poi però disdetto.

"CA 175, biplano con carrello fisso, derivato dal **CA 165**, ma con struttura metallica e a guscio. Velocità prevista 523kmh, Motore in linea raffreddato a liquido. Scadente nella velocità, brillante nella salita e nella maneggevolezza grazie alla leggerezza della struttura biplana ed alla elevata quota di omologazione prevista per il motore IF 122 RC50 da 1000cv, IDONEO, si giudica opportuna la costruzione del prototipo. "

Al termine delle valutazioni vennero pertanto dichiarati idonei e commissionati prototipi per il **G 52, MC 201, FN530, CA 175 e RE 2000**.

La Fiat, iniziò a costruire i due prototipi del **G 52** senza avere tante convinzioni sulla loro realizzazione perchè stava prendendo forma il progetto del **G 55** con motore in linea Fiat A38, c'erano inoltre problemi sul motore A76 che lasciavano intravedere tempi lunghi per la sua omologazione, pertanto, nel marzo del 40 la RA annullò la relativa commessa.

La realizzazione dell'**FN530** andò a rilento e comunque nel febbraio del 40 la RA decise di non procedere alla sua costruzionere anche per l'apparizione di un nuovo caccia leggero: Il **SAI 107** che effettuò il primo volo nell'estate del 40.

Il **CA 175** non fu più prodotto in quanto la RA aveva deciso di produrre il solo **CR42** come caccia biplano e non autorizzò la produzione del motore IF 122 in quanto non lo riteneva idoneo ad essere montato sui caccia.

Solo la Macchi portò avanti la costruzione dei due **MC 201** commissionati dei quali il primo, per l'indisponibilità del motore A76, dopo un primo pensiero di motorizzarlo con l'IF121, non voluto dalla RA, effettuò il primo volo nell'agosto del 40 con motore A74 da 840cv (raggiunse la velocità di 512kmh) e sul secondo venne installato un motore DB601 dando vita al **MC 202** che volò per la prima volta il 10 agosto del 40 e raggiunse i 600kmh.

Il Reggiane RE 2000

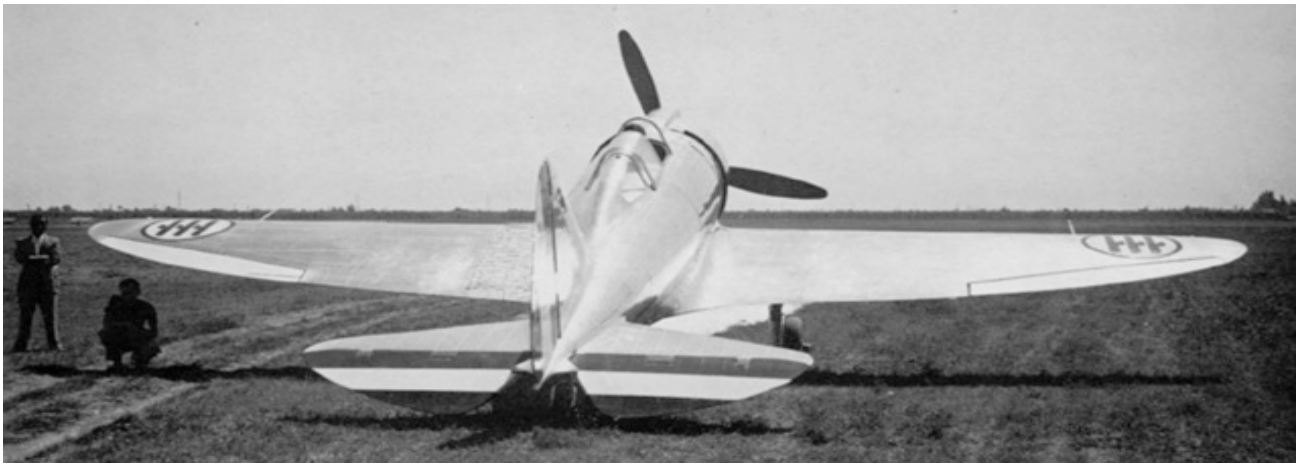


Fig 20: Reggiane **RE 2000**, giudicato idoneo

"RE 2000 aereo derivato da formula americana, le caratteristiche di velocità massima e salita lo rendono interessante che si presenta già notevole per la novità della struttura. Prototipo in avanzata fase di costruzione a rischio e spese della ditta. IDONEO"

(motore Piaggio P.XI R.C.40, potenza 1000 cv, apertura alare 11m, lunghezza 7,99m, altezza 3,2m, superficie alare 20,4mq, peso a vuoto/massimo 2080/ 2839, velocità massima 530kmh, tempo di salita a 6000m 6'10'', tangenza 11200m, autonomia 1290km, armamento 2 mitragliatrici da 12,7mm).

La Reggiane aveva avviato la costruzione del **RE 2000** prima del concorso CI del 1938 ed il prototipo effettuò il suo primo volo nel maggio del '39. Il velivolo, progettato dall'ing. Roberto Longhi e Antonio Alessio, era praticamente una copia del caccia Seversky **P35** americano. Tra tutti i caccia italiani dell'epoca era quello di costruzione più moderna, in quanto ricalcava le tecnologie costruttive americane. Tra le novità di maggior rilevo c'erano: l'ala stagna a serbatoi incorporati che conferiva al velivolo un'autonomia superiore a quella degli altri caccia; la costruzione a guscio della fusoliera e il rivestimento in lega leggera che consentivano quindi una più facile produzione; la retrazione del carrello, prima in asse e poi con rotazione di 90° per disporsi di piatto nello spessore dell'ala. Il velivolo fu inviato a Guidonia per le prove sperimentali e di comparazione con gli altri caccia fino ad allora costruiti (**MC200, G50, F5, RO51 CA 165 e CR42**) risultando il migliore in quasi tutte le prove. Durante una visita di caccia **ME 109** tedeschi a Guidonia furono fatte delle prove comparative dove il caccia italiano risultò superiore in manovrabilità e solo leggermente meno veloce. Nell'agosto del 39 il Gen. Valle, Sottosegretario al ministero dell'Aeronautica, autorizzò l'acquisizione di 200 esemplari del velivolo. Purtroppo il suo successore, Gen. Pricolo, ebbe una scarsa considerazione delle innovative soluzioni adottate dal **RE 2000** e, prendendo spunto dal fatto che i serbatoi alari non erano protetti, cosa alla quale la ditta pose anche rimedio modificando l'ala, fece cancellare l'ordine di produzione. La catena di montaggio nel frattempo preallestita dalla ditta e la relativa produzione venne resa disponibile per l'esportazione. L'interesse dei paesi stranieri fu enorme, nella primavera del '39 una commissione inglese inviata in Italia ne aveva richiesti 300 esemplari (senza motore, sembra addirittura aumentati a 1000) che, per motivi politici, non ebbe seguito.

Fig. 21: Il Reggiane RE 2000 Heja II costruito su licenza in Ungheria dalla MAVAG con motore WMK 14 da 1070 cv, leggermente più lungo dell'originale era poco più veloce (540Kmh)

L'Ungheria nel dic. del '39 chiese l'acquisto di 70 velivoli con fornitura a partire dal luglio del '40 e la licenza di costruzione, da parte della MAVAG, che, nel periodo 43-44, ne costruì 190 velivoli con motore WMK14 di costruzione magiara.

Fig 22: RE 2000, senza rivestimento che mette in luce la struttura della fusoliera e del timone di coda, il velivolo è in mostra presso il museo dell'aeronautica svedese.

Nel nov. '40 venne stipulato un ulteriore contratto con la Svezia per la fornitura di 60 **RE 2000**. I primi vennero spediti nell'apr. del '41 e le consegne vennero ultimate ai primi del '42.

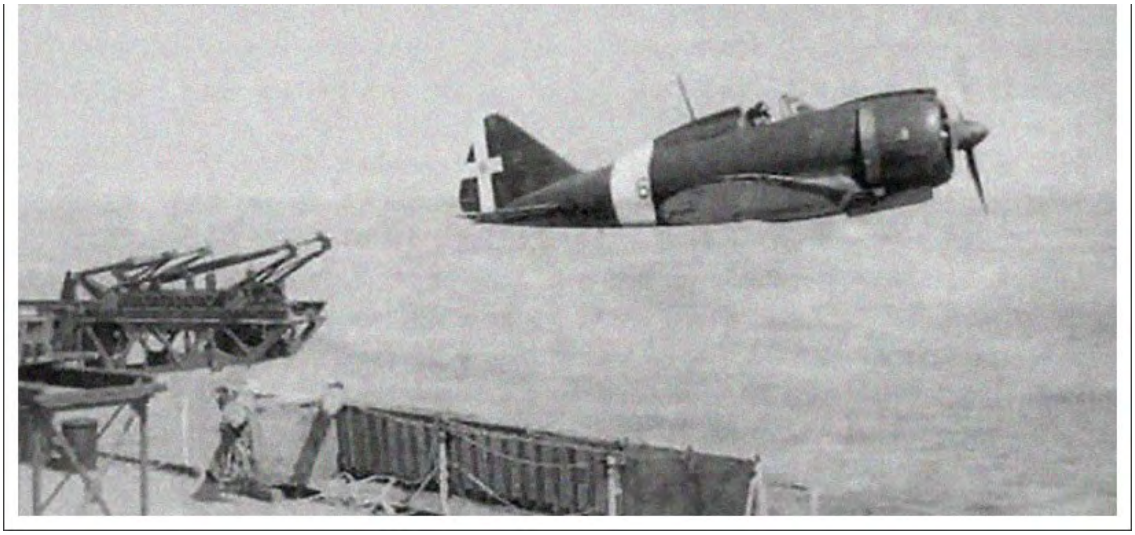


Fig 23: un **RE 2000**, appena lanciato dalla catapulta della corazzata Littorio

La RA prese in carico nel 1940 alcuni esemplari prelevandoli dalla commessa svedese e ungherese che nella primavera 1941 formarono una "Sezione Sperimentale" coni 6 Re.2000 Serie I ai quali si aggiunsero poco dopo altri 12 RE 2000 del tipo Grande Autonomia, presi per l'invio in AOI, la cui esigenza cessò per la perdita dell'Impero. Venne così formata la 377^ Sq che, operando da aeroporti siciliani, eseguì missioni di scorta ai convogli navali e attacchi sugli aeroporti maltesi fino al settembre del 1942. I piloti si lamentarono spesso di problemi tecnici sul motore Piaggio e della mancanza delle p.d.r. che ridussero notevolmente l'attività operatività dei velivoli. Alcuni esemplari, verso la fine del 41, vennero modificati per essere lanciati dalle catapulte delle navi e vennero acquisiti ulteriori 8 esemplari per l'imbarco sulle corazzate tipo Littorio. Al momento dell'armistizio ognuna di esse aveva almeno 1 aereo **RE2000** operativo a bordo.

9. Il Fiat CR42, il vincitore pratico dei concorsi CI del 36 e 38

Fig 24: Fiat **CR42** in volo.

(Motore A74 da 840CV, apertura alare 9,7m, lunghezza 8,26m,altezza 3,3m, superficie alare 22,4mq, peso a vuoto/massimo 1720/2295kg, velocità massima 440kmh, salita a 6000m in 9', aut. 785Km, tangenza 10500m, armamento 2x12,7mm, 2 bombe x 100kg)

Il Fiat **CR 42,** progettato da Celestino Rosatelli, era un biplano monoposto, monomotore con carrello fisso e struttura metallica a rivestimento misto (parte in acciaio e parte in tela). Fece il suo 1° volo nel mag. '38 e fu l'ultimo biplano da caccia ad essere messo in produzione della storia aeronautica. Venne presentato come iniziativa privata da parte della ditta e dopo un iniziale ostracismo da parte dei vertici della RA per la sua acquisizione, visti i ritardi nelle consegne dei monoplani **G 50** e **MC 200**, e la urgente necessità di avere

aerei moderni per questa specialità, autorizzò una produzione tampone di 200 **CR 42**. Le buone caratteristiche del velivolo ed i problemi sorti sui caccia monoplani (fenomeni di autorotazione risolti a metà degli anni 40) fecero si che la RA fece ulteriori sensibili richieste del caccia biplano. La Fiat attrezzò una moderna catena di montaggio raggiungendo una capacità produttiva di oltre 40 aerei al mese, fu così che tale produzione si protrasse, nonostante le caratteristiche inferiori, addirittura fino al …1944 risultando così l'aereo italiano costruito nel maggior numero di esemplari (1800 circa). Venne esportato in Belgio (34) Ungheria (50) e Svezia (72). Dopo l'8 sett '43 venne impiegato anche dalla Luftwaffe arrivando ad acquisirne ben 60 di nuova produzione. Con la RA operò contro la Francia, Egitto, Malta, Inghilterra, in AOI, Grecia e Jugoslavia prima come caccia intercettore poi come caccia bombardiere (2 bombe da 100) e caccia notturno. Aveva una buona manovrabilità e solo nel primo anno di guerra si scontrò alla pari con il biplano Gloster **Gladiator** inglese e **PZL** greco, ma era nettamente inferiore ai monoplani **Hurricane** e **Spitfire** sia per velocità che armamento (430kmh contro 530/560kmh e 2x12,7 contro 8x7,7 o 4x20).

10. Altri velivoli da caccia costruiti nel 1939

Aeronautica Umbra T18

Fig. 25: il velivolo Umbra **T 18** con le ultime modifiche apportate.

(Motore Fiat A80 da 1000CV, apertura alare 11,5m,lunghezza 8,56m, altezza 2,88m, superficie alare 18,7mq,peso a vuoto/massimo 2325/2975kg, velocità massima 489kmh, salita a 6000m in 8'13", autonomia 800Km, tangenza 9000m, armamento 2x12,7 alari).

Il velivolo Aeronautica Umbra **T 18** era un monoplano ad ala bassa monomotore a struttura metallica (traliccio in ferro e rivestimento in metallo) realizzato dall'ing. Felice Trojani, nel 1937. Si presentava come un velivolo moderno nelle linee ma non nella costruzione, aveva le due mitragliatrici da 12,7 mm, direttamente sulle ali aumentando considerevolmente la cadenza di fuoco rispetto a quelle in fusoliera con il TAE (tiro attraverso elica). Durante i collaudi del 1939, venne apprezzata la maneggevolezza e l'agilità, ma aveva una bassa velocita massima, per cui venne rimpicciolita la sezione anteriore portandola così a 486 kmh. La RA, vista anche la sua robustezza, pensò di impiegarlo come aereo da assalto, ma lo scoppio della guerra e la disponibilità di numerosi caccia ritirati dalla prima linea (**CR 32, CR42**) la spinse a riutilizzare questi aerei, invece di intraprendere una nuova linea di produzione per un altro apparecchio (in effetti c'erano tre linee di produzione di caccia **CR42, G50 e MC200)**

Caproni Fabrizi F5

Fig. 26: Caproni Fabrizi **F5**

(Motore Fiat A74 da 840CV, apertura alare 11,3m, lunghezza 7,9m, altezza 3m, superficie alare 17,6mq, peso a vuoto/massimo 1818/2238Kg, velocità massima 496kmh, salita a 6000m in 6'3", autonomia 1000Km,armamento 2x12,7in fusoliera. Costruiti n° 12 esemplari)

Il caccia Caproni **F5** fu progettato dall'ing. Fabrizi e dopo la sua morte, avvenuta nel 38 per un incidente aereo, la sua realizzazione venne portata a termine dagli ing. Baldassarri e Riparbelli. Il velivolo aveva una struttura mista con la fusoliera in tubi di acciaio saldati ricoperti in duralluminio e ali bilongherone in legno, rivestite in compensato telato e verniciato. Aveva 2 mitragliatrici da 12,7mm. con 350 colpi cadauna, alloggiate nella parte anteriore della fusoliera sui lati in corrispondenza della radice alare. Il suo 1° volo venne effettuato il 19/02/39 sul campo di Vizzola Ticino. L'aereo si dimostrò, sin dall'inizio, esente dai difetti di autorotazione presenti sui diretti concorrenti (**G 50** e **MC 200**), anzi presentava numerosi vantaggi, tra i quali un'ottima velocità ascensionale. Da aggiungere che la soluzione mista di costruzione e la semplicità costruttiva portavano a un basso costo (un esemplare completo di equipaggiamento, senza motore, costava nel '40 295.000 lire, mentre un **MC 200** circa 380.000 lire). Questo velivolo, però, arrivò in ritardo rispetto al **G 50** e **MC 200** e la RA si limitò a richiedere oltre ai due prototipi, solo una serie di 11 aerei sperimentali con i quali venne costituita una squadriglia che operò come caccia intercettore e notturno per la difesa di Roma per tutto il periodo bellico. Purtroppo per motivi non comprensibili la RA non sfruttò adeguatamente le capacità produttive del Gruppo Caproni che lavorò a ritmi ridotti per tutto il periodo bellico.

SAI Ambrosini SS 4

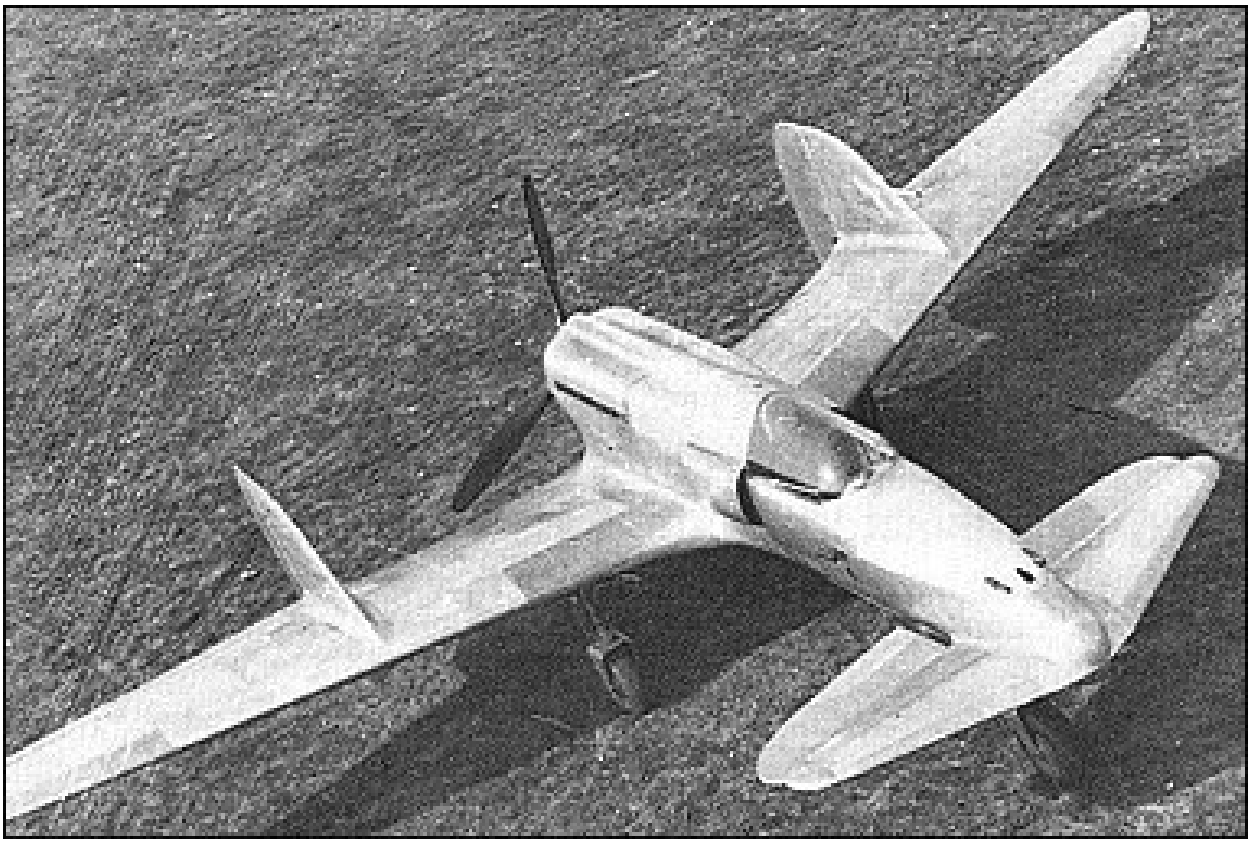


Fig. 27: SAI Ambrosini **SS 4**

(motore I.F. Asso da 960cv, apertura alare: m. 12,32, lunghezza 6,74m, altezza 2,48m, superficie alare 17,5mq, peso a vuoto/massimo 1800/ 2446kg, velocità massima 540kmh, armamento 1x30 + 2x20 non installato sul prototipo)

A seguito delle esperienze avute nel 1935 con il moto aliante **SS 2**, e nel 37 con il successivo **SS 3** biposto, in configurazione canard, l'ing. Sergio Stefanutti, Ufficiale Gari della RA, realizzò l' **SS 4** che si presentava come un aereo da caccia che per gli standard italiani era addirittura all'avanguardia. Era infatti monoposto interamente metallico con ali a freccia, in configurazione canard, e acarrello triciclo retrattile. L'ala aveva una freccia di 20° e non aveva impennaggio di coda. Gli impennaggi verticali erano doppi e posizionati a metà di ogni semiala, con una grande deriva verticale a freccia che si estendeva sopra e sotto l'ala. Analoga forma a freccia avevano i piani fissi dei timoni di profondità, posti sull'estremità anteriore del muso. Il posto di pilotaggio era protetto da un parabrezza anteriore ricurvo e da una capottina priva di montanti e incernierata posteriormente. L' **SS 4** era propulso da un motore Isotta Fraschini Asso XI RC40 da 960 cv che gli conferiva una velocità massima di 540 Km/h e una velocità minima di 120 Km/h. Il motore, posizionato alle spalle del pilota, muoveva un'elica tripala, metallica, a passo variabile in volo, spingente, posta alle spalle del pilota. Il propulsore era alimentato da due serbatoi ubicati dietro il radiatore dell'olio tra il piano centrale dell'ala e l'abitacolo del pilota. L'armamento del prototipo era previsto in due cannoni Mauser da 20mm e un cannone da 30 mm sistemati nel muso del caccia. L' **SS 4**, con ai comandi il collaudatore ing. Ambrogio Colombo, effettuò il primo volo a Castiglion del Lago il 7.3.1939, non presentando particolari problemi. Il giorno seguente il collaudatore decise di effettuare un secondo volo, il cedimento di un alettone costrinse però il pilota a tentare un atterraggio d'emergenza dove si schiantò contro un filare di alberi trovando la morte e la distruzione del velivolo. L'inchiesta concluse che l'incidente fu provocato dallo scorretto montaggio dell'alettone e dalle eccessive vibrazioni comunicate dal motore alla cellula. Dopo l'incidente l'ing Stefanutti abbandonò ogni ulteriore sviluppo di questo modernissimo aereo metallico e si orientò verso la progettazione e la costruzione di caccia leggeri interamente lignei.

IMAM RO 57

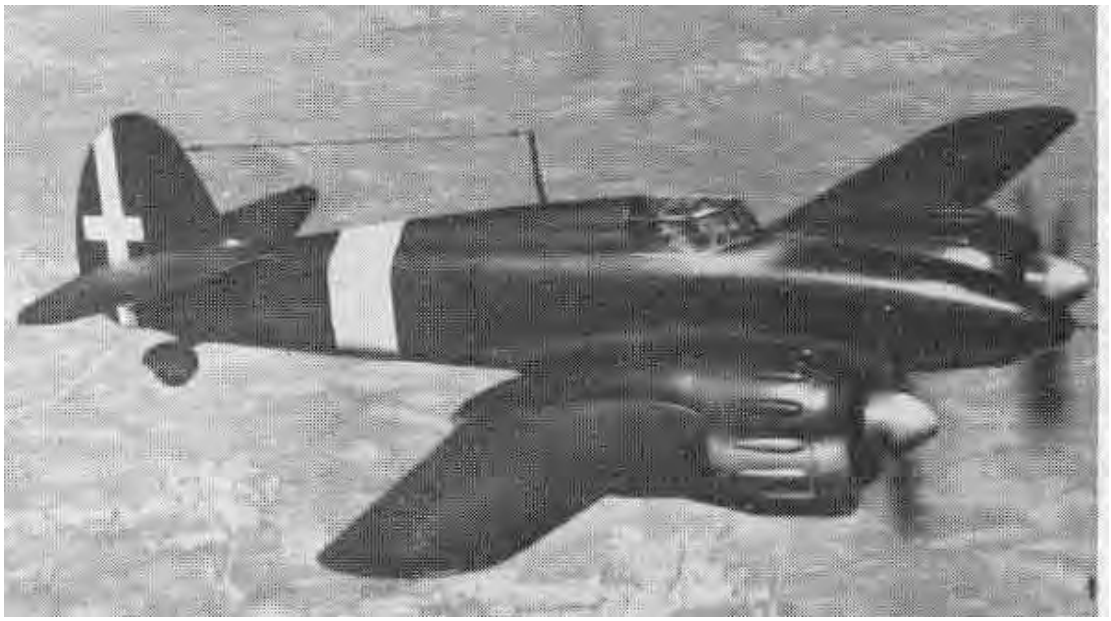


Fig. 28: il caccia intercettore bimotore **RO 57**

(motori Fiat A74 2x 840cv, apertura alare 12,5m, lunghezza 8,8m, altezza 2,9m, superficie alare 23mq, peso a vuoto/ massimo 3110/4055Kg, velocita massima 516kmh, salita a6000m in 7'6'', autonomia 1200km, tangenza 9300m, armamento 2x12,7).

Di sua iniziativa l'IMAM nel 37-38 sviluppò un caccia intercettore bimotore: il **RO 57**. Era questo un monoplano ad ala bassa a sbalzo, bimotore, monoposto, con un'ala metallica a cassone in lega leggera e rivestimento lavorante che conteneva parte dei serbatoi di carburante (autostagnanti), con una fusoliera a tralicci in tubi d'acciaio saldati, ricoperta da una sottile lamina di lega di alluminio. I piani di coda erano metallici e controventati, le superfici mobili di ali e coda erano di struttura metallica, ricoperte in tela. Il carrello era retrattile con le ruote anteriori a totale scomparsa nelle gondole motrici e il ruotino posteriore in fusoliera. I motori erano due radiali Fiat A74 da 870 CV al decollo e 840 CV a 3800 metri di quota, controrotanti e spingenti due eliche tripala Fiat-Hamilton, a giri costanti. L'aereo aveva un peso a vuoto di soli 3110 kg dove i due motori da soli pesavano 1100 kg e risultava molto robusto, l'armamento era però limitato alle sole due mitragliatrici da 12,7 mm (con una cadenza di tiro superiore a quella dei monomotori da caccia in quanto non era richiesta la sincronizzazione con le eliche. Saliva a 6000 metri in soli 7 minuti e 6 secondi e aveva 1200 km di autonomia. Fece il suo primo volo nel feb. '39 e nelle prove effettuate risultò molto agile ma non al livello del monomotore **MC 200,** la RA, pertanto, non ritenne di mettere in produzione un aereo più costoso e di pilotaggio più complesso rispetto ai caccia monomotori e si disinteressò inizialmente del velivolo.

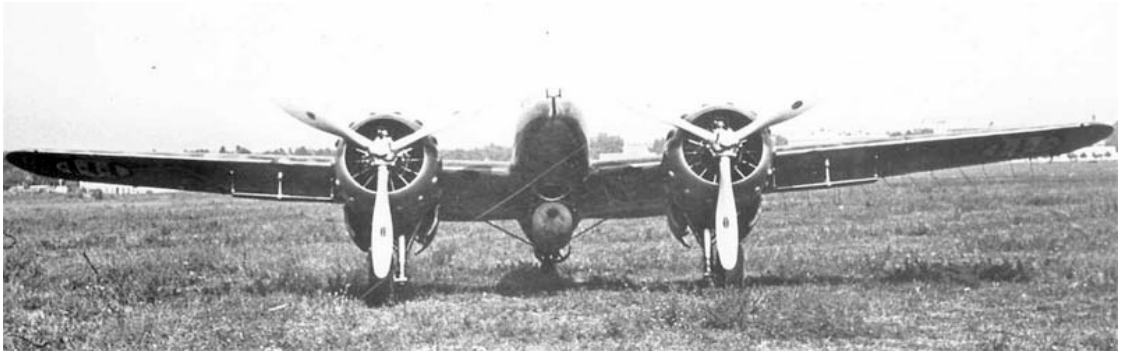


Fig 29: L'IMAM **RO57 Bis** armato con una bomba da 500kg, visibili sotto le ali gli aerofreni per l'attacco in picchiata.

Nel corso del 1941, ci fu però un ripensamento della RA in quanto richiese alla ditta di trasformarlo in un aereo da assalto. L'adattamento, fu però lungo e laborioso, e l'esito finale non del tutto soddisfacente. Oltre all'attacco ventrale per una bomba da 500 kg, vennero aggiunti: due travetti subalari per bombe fino a 250 kg, una finestratura ventrale (necessaria per il puntamento), freni aerodinamici da picchiata e due cannoni da 20 mm che presero il posto delle mitragliatrici. L'aereo, ribattezzato IMAM **RO 57bis**, pesava ora 3490 kg a vuoto e 4990 kg al decollo e saliva a 6000 metri in 9'30'' e la velocità massima era ridotta a 480 km/h. Alla fine del 1942 la RA fece un ordine di 200 esemplari nella versione "bis", poi ridotti a 110. Di questi, 75 vennero costruiti prima dell'8 settembre 1943 ed impiegati dal 97º Gruppo Tuffatori. I piloti che ebbero in carico il velivolo però non riuscirono a terminare l'attività di addestramento perchè quasi tutti gli apparecchi furono distrutti a terra, nel luglio del '43, a causa dei pesanti bombardamenti aerei alleati effettuati per l'invasione dell'Italia.

11. Motori impiegati sui caccia nel 1940

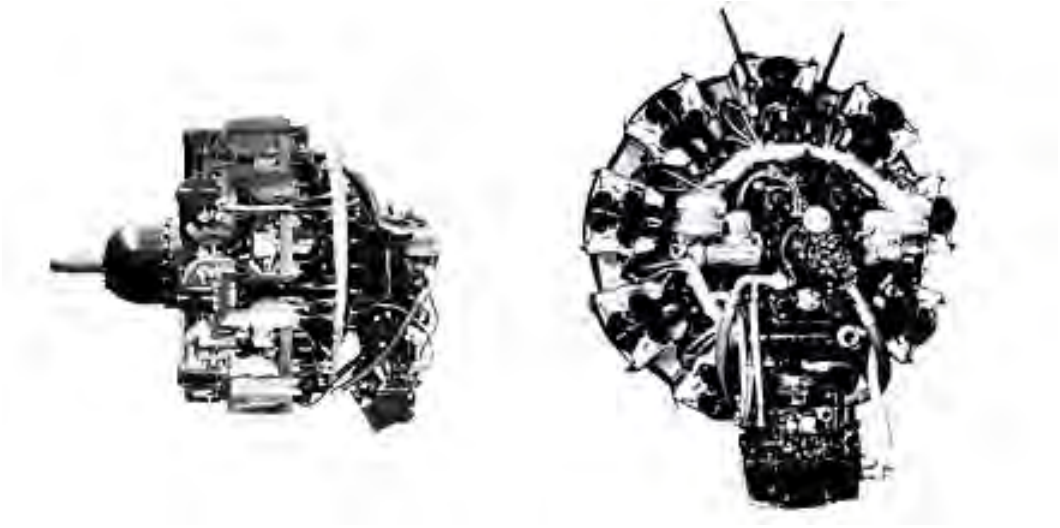


Fig. 30: motore Alfa Romeo A 135 RC32,

L'Alfa Romeo A 135 RC32/34 era un motore radiale a doppia stella con 12 cilindri, raffreddati ad aria da 1400cv, progettato dall'ing. G. Cattaneo nel 1935 e realizzato dall'Alfa nel 1937,nonostante il trasferimento del suo progettista . Ebbe però una difficile messa a punto, raggiunse l'omologazione solo nel 1939 e la RA ne acquisì 150 esemplari ma fu sempre afflitto da problemi tecnici tanto da non essere mai installato su velivoli di serie, solo su alcuni velivoli sperimentali (CZ 1018.

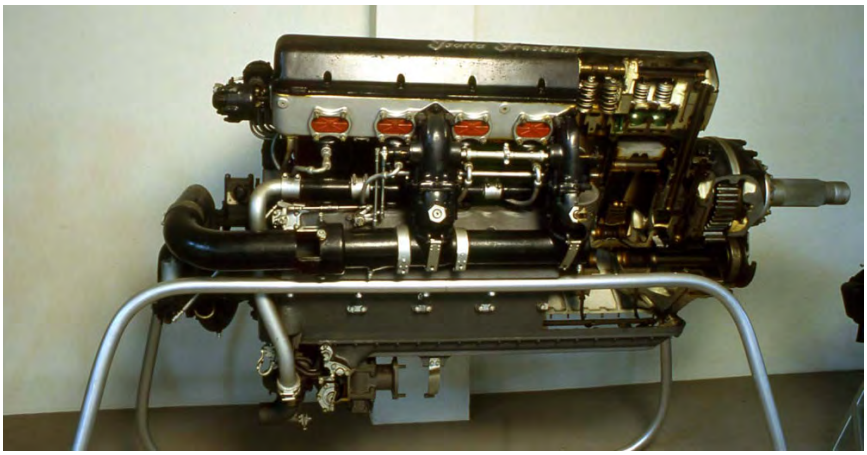


Fig. 31: Motore Isotta Fraschini Asso XI RC40, da 900cv a 12 cilindri a V di 60° raffreddato a liquido, peso 594kg, del 1936, venne installato su idrovolanti e bombardieri plurimotori e sul solo caccia SAI **SS 4**

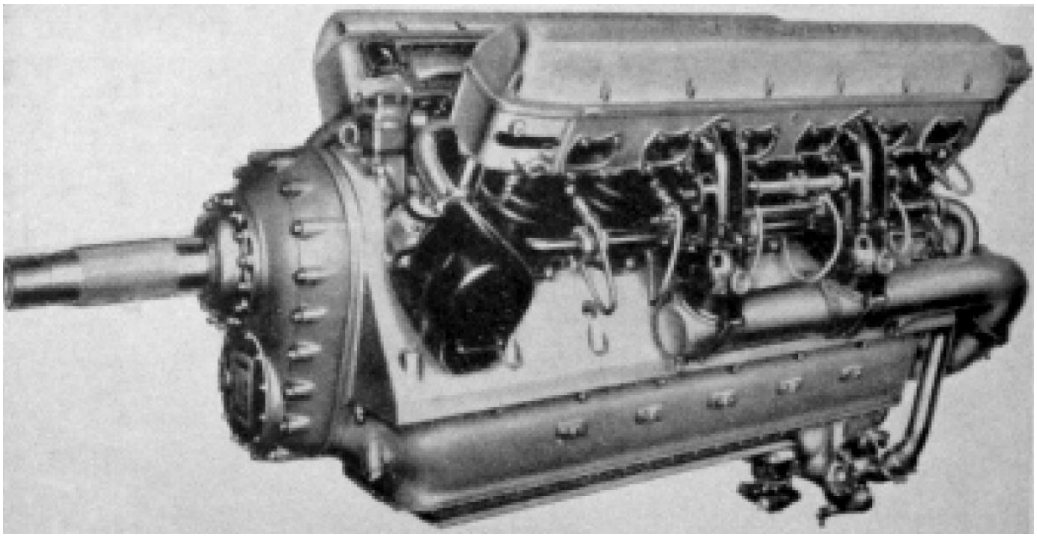


Fig. 32: motore Isotta Fraschini L 121 RC40

L'Isotta Fraschini IL 121 RC40 era un motore a 12 cilidri a V in linea, raffreddati a liquido, da 900cv, equipaggiò il caccia **CA165** ed il turboreattore **CC2.** Ad un'iniziale interesse della RA, tanto da richiedere la costruzione di 100 esemplari ci fu poi, nel 40, una completa inversione di tendenza tanto da dichiarare che non era adatto da installare sui nuovi velivoli da caccia. Un suo derivato IL 122 potenziato a 1000cv in corso di realizzazione da parte della ditta venne analogamente scartato dalla RA.

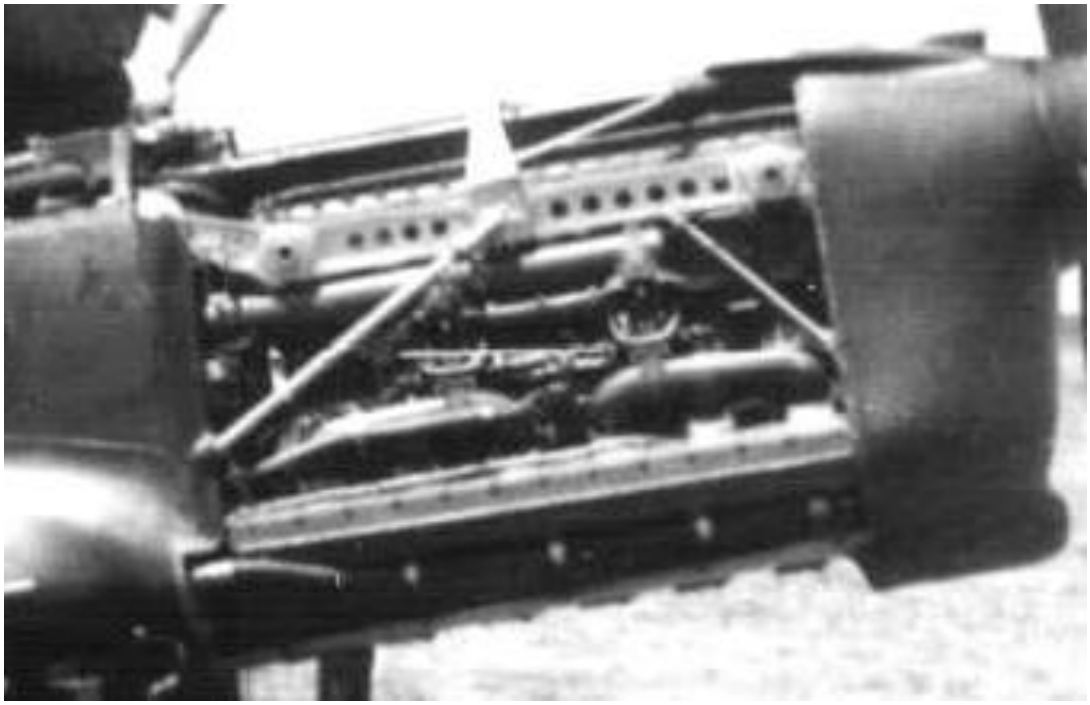


Fig. 33: Motore Isotta Fraschini Delta RC 35 a 12 cilindri a V invertiti a 60°, raffreddati ad aria da 700cv nelle prime versioni e 850cv nella IV serie. Derivato dal Gamma da 500cv, venne realizzato nel 1938 e prodotto in serie (2300) per essere installato sui ricognitori bimotori CA 313, 314 e 331 e sui caccia SAI 207/403. Soffrì sempre di gravi problemi di surriscaldamento, soprattutto sugli ultimi cilindri interni.

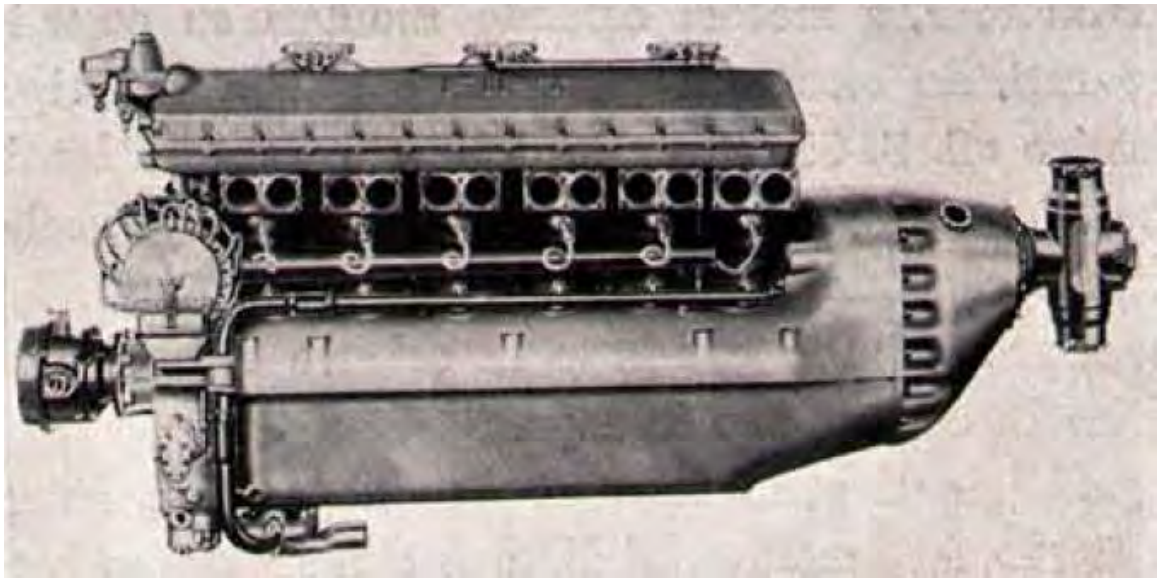


Fig. 34: Motore Fiat A30 RA Bis a 12 cilindri in linea raffreddati a liquido da 600cv, realizzato 1933,fu installato sul CR 30, CR32 e RO37. Una sua versione potenziata il Fiat A33 RC35 da 700cv del 1935 ebbe una lunga messa a punto e venne installato nel 37 sul solo CR33 che rimase prototipo.

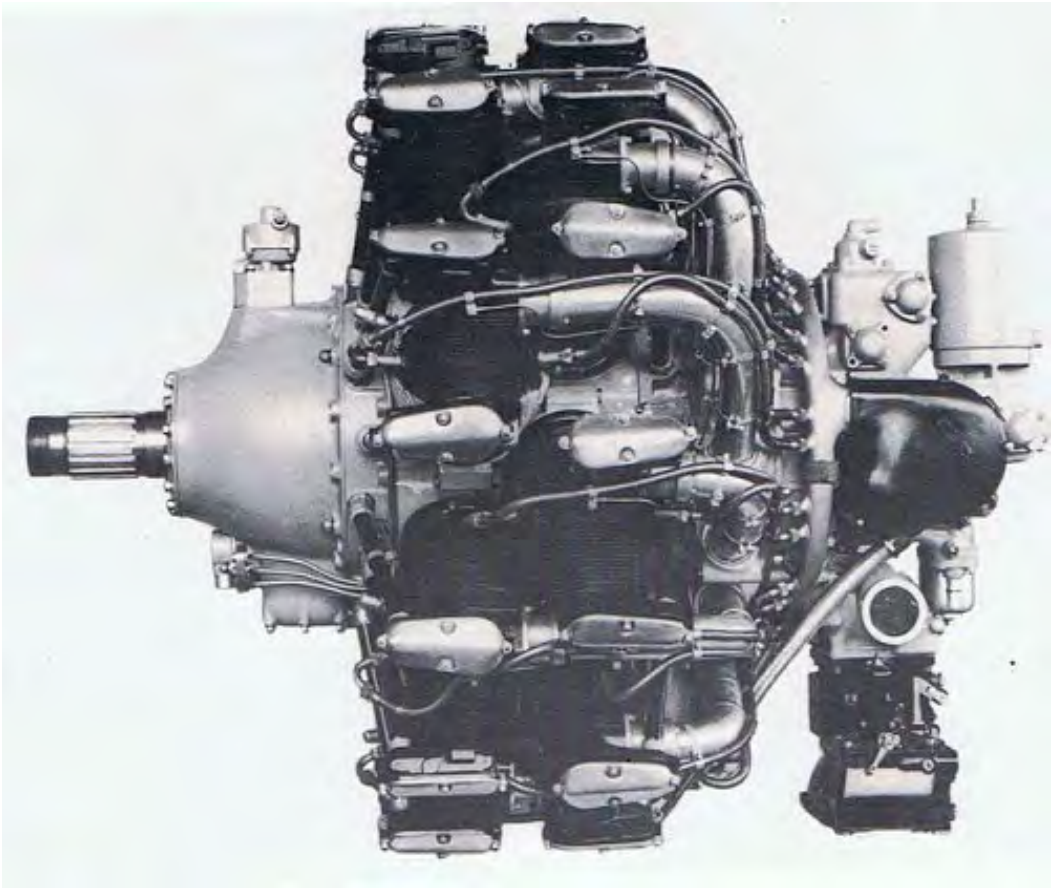


Fig. 35 : Motore Fiat A74 RC38, radiale a 14 cilindri a doppia stella raffreddati ad aria da 840cv, 1935, grazie alla sua affidabilità ed efficienza venne installato su quasi tutti i caccia e velivoli bimotori della RA, costruito in circa 9000 esemplari.

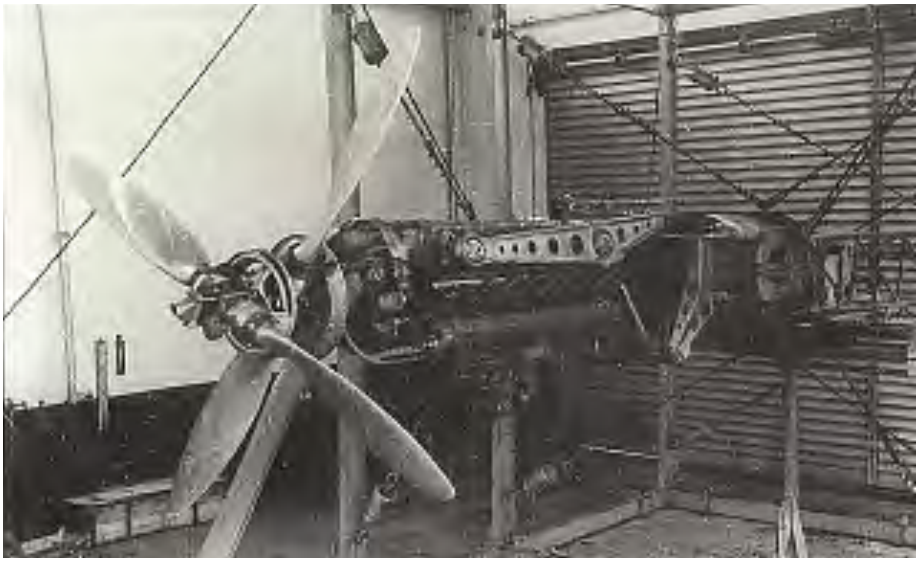


Fig. 36: Prova al banco del Motore Fiat A38, a 16 cilindri in linea a V inverti di 90°, raff. a liquido da 1400cv. Azionante 2 eliche controrotanti. Realizzato dall'ing. Fessia nel 1939, destinato al **G55**, non superò mai la fase sperimentale.

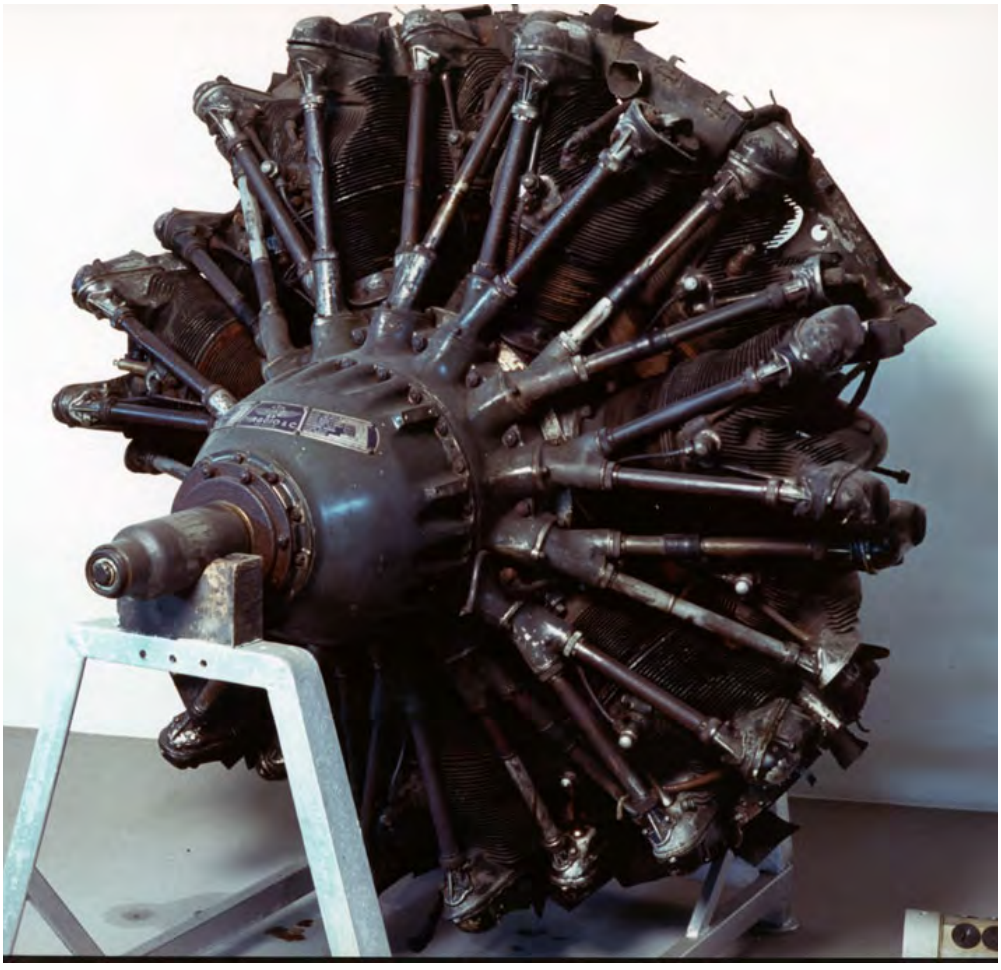


Fig. 37: Piaggio PXI RC40,

Il Piaggio PXI RC 40 venne realizzato dalla Piaggio nel 1938 sulla base del Gnome Rhone 14K di cui aveva acquisito la licenza. Era un radiale a 14 cilindri a doppia stella raffreddati ad aria, della potenza di 1000cv installato su numerosi velivoli plurimotori (S79, S84, CZ1007, BA88) e sul caccia RE 2000. Ebbe soprattutto all'inizio parecchi problemi di efficienza tecnica.

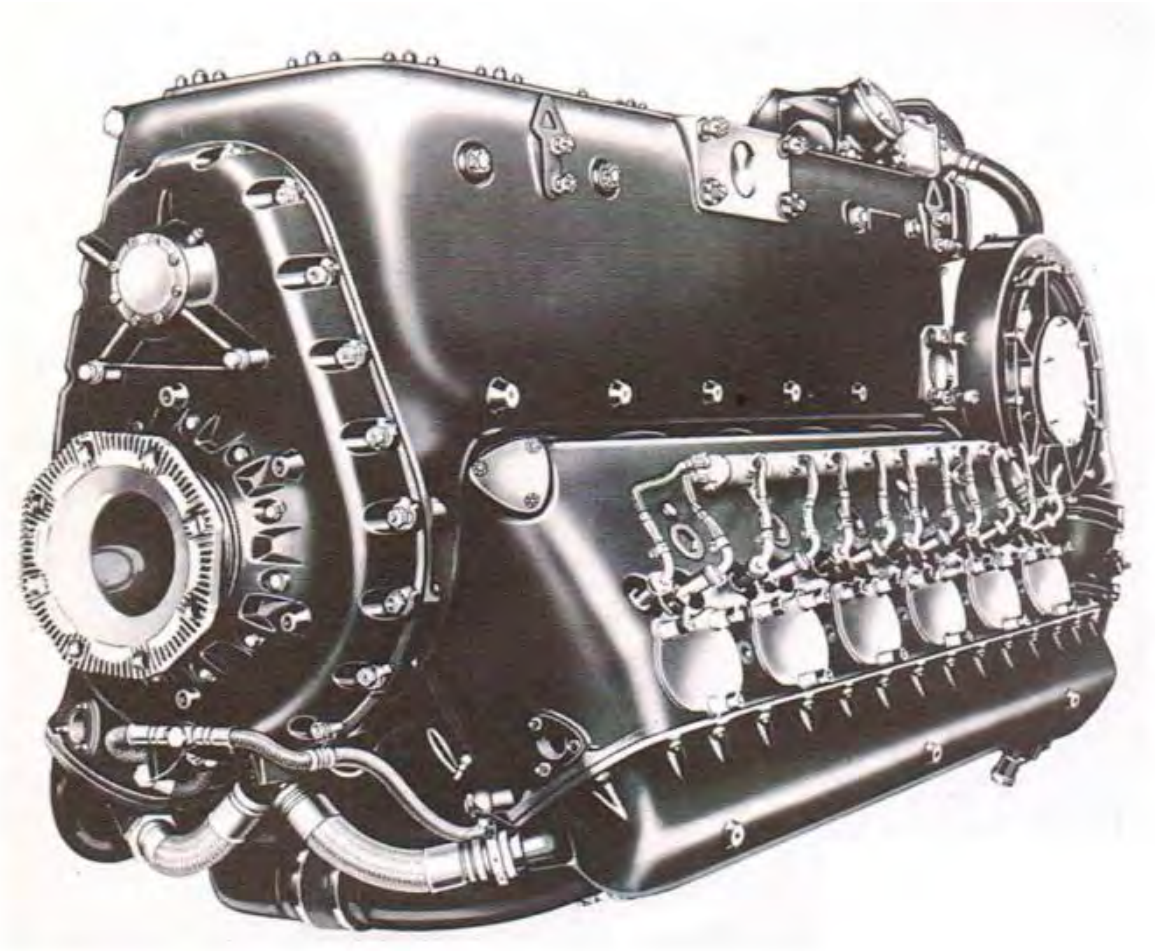


Fig. 38: motore Alfa Romeo RA 1000 RC 44, a 12 cilindri in linea a V inverti da 1170cv. Licenza DB601A, prodotti dal 1942

Nonostante che la RA avesse emesso nel 38 un bando di concorso per un motore in linea raffreddati a liquido superiore a 1100cv, le sole ditte che risposero con qualche progetto furono: la Fiat che aveva in progettazione il Fiat A38 a 16 cilindri a V invertiti raffreddato a liquido della potenza di 1400cv e l'Isotta Fraschini che dall'IF 121 da 900cv, che non aveva riscosso il gradimento della RA, aveva derivato l'IF 122 da 1000cv che non fu portato a termine sempre per l'ostracismo da parte della RA. L'IF Aveva inoltre in via di realizzazione lo Zeta da 1250cv ed il Sigma da 1600cv entrambi con cilindri in linea ma affreddati ad aria. Nel primi mesi del 1939 visto che l'industria nazionale non aveva motori in linea pronti e di sicuro affidamento, Il generale Valle volle premunirsi ordinando 6 esemplari del promettente motore tedesco DB 601 da 1.175 cavalli, nonostante fosse ancora in collaudo, assicurando altresì al ministero i diritti di riproduzione. L'accordo fu perfezionato nel corso del 1939 per la versione DB.601A e prevedeva, oltre alla citata licenza di produzione, la cessione di 330 motori originali in attesa di realizzare la relativa catena di montaggio e costruzione presso un nuovo stabilimento di produzione da realizzare dall'Alfa Romeo presso Pomigliano d'Arco. I primi 6 DB 601 giunsero alla fine del 1939 e subito la RA li distribuì alle ditte che li utilizzarono per realizzare, dalla primavera del 40. i prototipi del Macchi C.202, Re. 2001 e F4.. La produzione dell'Alfa Romeo del nuovo motore iniziò nel 1941 con l'assemblaggio di parti provenienti dalla Germania. Notevoli furono i problemi da superare per la sua produzione in particolare per le leghe utilizzate (in alluminio e in electron per cui vennero realizzati speciali forni elettrici ad induzione), per il sistema di iniezione ed il compressore, fino ad allora sconosciuti in Italia. La produzione di serie del RA.1000 R.C. 41 ebbe praticamente inizio nel 1942 e il motore risultò essere più pesante dell'originale. Dapprima la produzione era di 30/40 motori al mese per poi salire ad uno standard di circa 60/65, comunque sempre inferiore rispetto alla produzione delle cellule dei velivoli che montavano tale motore, per cui la RA fu costretta a mantenere in linea gli ormai obsoleti caccia con motore radiale.

La produzione complessiva fu di circa 1500 motori.

	L 121RC40	**L122**	**RA1000 CR44**	**Delta Rc35**	**PXIbis RC50**
CV al decollo:	880	1050	1090-1170	730	1100
N° giri al 1'	2240	2400	2500	2400	
CV normale	900/4000m	950/4800m	960cv/4400m	700cv/3500m	1000/5000m
CV di punta	1050cv per 5';	1065			
Carburante	87	87	89-100,	87	87
Lubrificante	minerale;	olio di ricino	olio di ricino		
Cilindri	12 a V	12 a V 60°	12 a V inv. 60°	12 a V invertiti	14 a 2 stelle
Raffred.	acqua	liquido	Liquido,	aria	aria
Avviamento	aria comp.		Elettrico/mano	aria com. /mano	
Lunghezza	2,128	2,130	1,722	2,038	
Larghezza	0,834	0,800	0,739	0,835	1,265
Altezza	1,106	0,905	1,027,	0,883	
Sup.frontale	69dmq	60	62 dmq	54,5	125
Peso secco	642kg	630kg	630kg.	546	

12. l'Italia entra in guerra

Allo scoppio della guerra, il 10 giugno 1940, l'Italia aveva in linea la seguente forza aerea:

1221 caccia , di cui

- 929 Caccia Intercettori (328 obsoleti biplani **CR 32** , 328 moderni biplani **CR 42**, 256 moderni mopolani **MC 200** e 117 moderni **G 50;**
- 113 Caccia da Combattimento (moderni ma inefficaci bimotori **BA 88)**;
- 219 Caccia assalto: (154 **BA 65,** relativamente moderni ma inefficaci per via del motore e 65 **CA 310**, modesti bimotori nati per la ricognizione/addestramento che la RA pensò di utilizzare come assaltatori, subito ritirati dal servizio e tornati alla ricognizione),
- 25 Idrocaccia (**RO 44** antiquati e dalle modeste caratteristiche che equipaggiarono una sola Squadriglia dislocata in Egeo.)

1442 velivoli da Bombardamento, di cui 605 **SM 79**, 216 **BR 20** , 87 **CZ 1007**, 293 **SM 81**, 153 **CA 133**, 58 idrobombardieri **CZ 506** e 32 Bombardieri a Tuffo **SM 85**.

510 velivoli da Osservazione Aerea di cui 296 **RO 37**, 69 **CA 309**, 145 **CA 311**

341 velivoli da Ricognizione Marittima di cui 103 **RO 43**, 202 **CZ 501**, 34 **CZ 506**

Per un totale di circa 3600 velivoli bellici di cui solo 1800 velivoli erano di tipo moderno, 1250 di tipo antiquato ma ancora bellicamente impiegabili e 550 (25 **RO 44**, 113 **BA 88**, 154 **BA 65**, 65 **CA 310**, 32 **SM 85**, 153 **CA 133**) di nessuna o poca validità bellica che vennero dichiarati F.U o vennero impiegati per scopi non bellici, entro l'inizio del 1941. Numericamente era inferiore a quella tedesca ed inglese, inolre la Regia Aeronautica doveva affrontare una notevole dispersione delle sue forze sui fronti di Francia, Corsica, Tunisia, Egitto, Sudan, Somalia, Arabia e Kenia. Alla caduta della Francia, invece di insistere su un unico fronte, Mussolini decise di inviare un corpo di spedizione aereo (CAI) in Francia per agire contro l'Inghilterra ed ad Ottobre aprì un nuovo fronte aereo dichiarando guerra alla Grecia. Sin dai primi scontri con i caccia avversari fu palese il modesto armamento dei caccia italiani e l'inferiorità dei biplani **CR 32** e **CR 42** contro i

moderni caccia monoplani Francesi ed Inglesi. La RA però non corse ai ripari, continuò a produrre caccia poco armati e dalle modeste caratteristiche (**CR 42**). Solo dal 1943 i caccia italiani iniziarono ad avere i primi cannoncini alari di fornitura tedesca (Mauser) ed a competere, finalmente, alla pari con i caccia alleati.

13. Caccia Intercettori con motori DB601

Nell'estate del 1939 la RA ricevette dalla Germania i primi 6 motori Daimler-Benz DB 601A raffreddati a liquido a 12 cilindri invertiti a V da 1175cv che vennero distribuiti alle ditte italiane che provvidero, con una certa celerità, a modificare i propri aeroplani per installare tale tipo di motore. In particolare fra il 1940 e il 1941 volarono in ordine di tempo il Caproni **F4**, il Reggiane **RE 2001**, il Macchi **MC 202**, il Fiat **G 50V** e il Fiat **CR 42V**

Caproni Vizzola F 4

Fig. 39: Caproni Vizzola **F4**

(lug.40, motore DB601, potenza 1175cv, lunghezza 8,9 m, Apertura alare 11,29 m, Altezza 2,90 m, Superficie alare 17,60 mq, Peso a vuoto/massimo 2462/3000 kg, velocità massima 550kmh, tangenza 9900m, autonomia 700km, armamento 2x12,7 in fusoliera)

Il Caproni Vizzola F.4 era in origine un progetto di caccia del 1937-38, di poco precedente all' **F5**, ma con motore in linea a a 12 cilindri Isotta-Fraschini Asso 121 R.C.40 raffreddato a liquido da 960Cv at 4,000 m. Il progetto non venne però accettato dalla RA, in quanto non riteneva il motore IL 121 idoneo ad essere installato sui caccia e chiese la costruzione del velivolo con il radiale Fiat A74 che prese quindi il nome **F5**. Con la disponibilità del motore Daimler-Benz DB 601 la Caproni modificò l'ultimo dei 12 **F5** costruiti per installarci il citato motore. Il velivolo prese la vecchia designazione di F4 ed effettuò il suo primo volo nel luglio del 1940 dimostrando le stesse buone caratteristiche dell'F5 con una velocità di 550Kmh. Manteneva però le ali di costruzioni lignee e la RA si disinteressò del nuovo velivolo chiedendo espressamente la sua modifica con ali metalliche.

Reggiane RE 2001

Fig 40: RE 2001: *(1° volo lug. '40, motore Alfa Romeo RA1000 RC41-I (Daimler Benz DB. 601/A1), potenza 1175cv, apertura alare 11m, lunghezza 8,36m,altezza totale3,15m, superficie alare20,4mq, peso a vuoto/massimo 2460/ 3240kg, velocità massima: km/h. 545, salita a 6000m in 7'59'' tangenza 11000m, autonomia 1040km, armamento 2x12,7 in fusoliera e 2x7,7(2x20) alari, fino a 640kg bombe).*

I progettisti della Reggiane dovettero apportare poche modifiche per installare il motore DB601 sulla cellula del **RE 2000**. Il nuovo velivolo manteneva le caratteristiche del predecessore con una aerodinamica più pulita. Il primo prototipo volò il 10.7.40 e venne subito trasferito a Guidonia per le prove. La RA richiese modifiche al tettuccio e all'ala, per contenere i serbatoi protetti; in ottobre fece una prima commessa di 200 esemplari. Il velivolo aveva una velocità inferiore al Macchi **MC 202** (545kmh contro 590kmh) ma aveva maggiore autonomia e migliore agilità alle alte quote. L'abitacolo aveva un seggiolino corazzato ed aveva (finalmente) di dotazione la radio. Fu il primo caccia ad avere un armamento potenziato, oltre le solite 2 x12,7 in fusoliera, vennero installate 2x7,7 alari sostituite poi con 2 cannoni Mauser da 20mm nelle versioni da caccia notturna. Complessivamente vennero realizzati solo 250 esemplari fino al giugno del 1943, veramente poco in confronto alle potenzialità del gruppo Caproni ma il gettito dei motori della Alfa Romeo non riusciva a coprire le cellule prodotte, pertanto venne data la precedenza alla costruzione di velivoli MC202. Del velivolo vennero realizzate le seguenti versioni:

RE 2001 Delta: prototipo con un motore 12 cilindri a V invertita Isotta Fraschini Delta IV da 840 CV. Nel nov. '42 il velivolo venne provato a Guidonia dove raggiunse solo 480 km/h. Un successivo incedente e le basse prestazioni fecero cessare l'interesse verso questo velivolo.

RE 2001CB: caccia bombardiere, con ganci alari per bombe da 100/160/240 kg. Ne vennero realizzati 39 esemplari.

RE 2001CN: variante da caccia notturna con tubi di scappamento antifiamma, mimetizzazione scura, e sostituzione delle due mitragliatrici alari con 2 cannoni MG 151 da 20 mm. Ne vennero realizzati quasi 100 macchine.

Re 2001 OR: versione di cacciabombardiere imbarcato destinato alle portaerei Aquila e Sparviero, poteva portare un siluro leggero da 600 chili, aveva il gancio d'appontaggio e solo 2 mitragliatrici da 12,7mm. in fusoliera. Ne vennero realizzati 10 esemplari, prima dell'armistizio.

Macchi MC 202

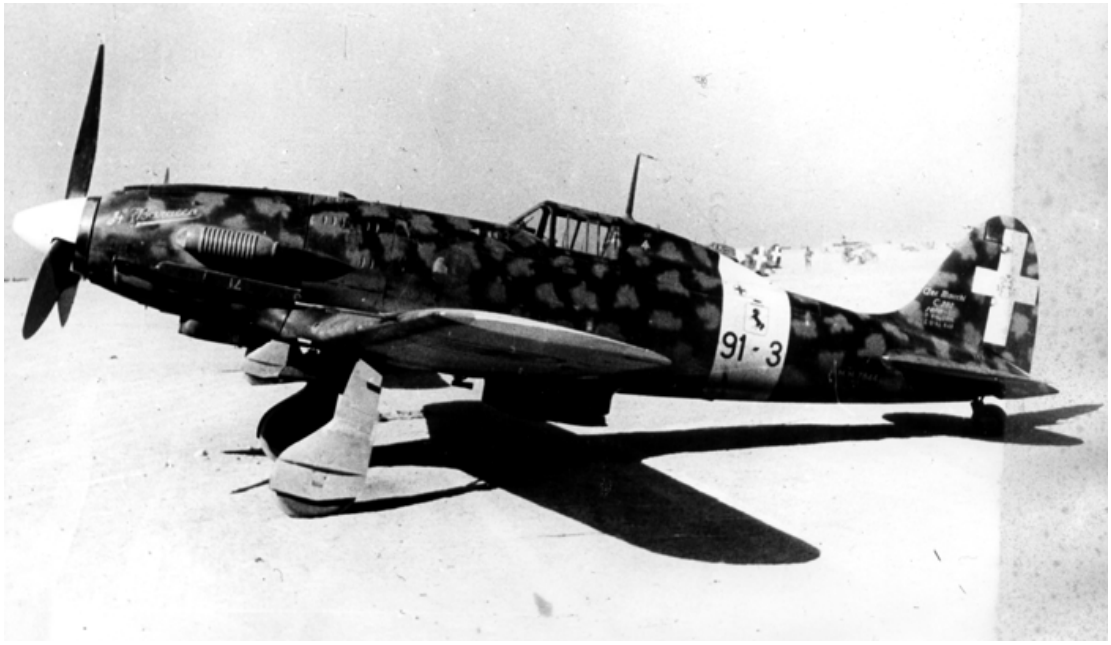


Fig. 41: Macchi MC202

(1° volo ago. '40, Alfa Romeo RA. 1000 RC. 41 "Monsone" (Daimler Benz DB. 601 A-1), potenza.1175cv, apertura alare10,58m, lunghezza 8,85m, altezza 3,03m, superficie alare16,8mq, peso a vuoto/massimo 2350/2930kg, velocità massima 599kmh, tempo di salita a 6000m in 5'55'', tangenza 11500m, autonomia 765km, armamento 2x12,7 in fusoliera (+ 2x7,7 alari), bombe 2x160kg. Ordinati 1454 costruiti 1325 di cui 848 Breda, 390 Macchi e 87 SAI, fino 8 sett. 43)

Il prototipo era uno dei due MC201 al quale era stato applicato il motore DB 601. Conservava del suo predecessore le ali e la coda ma aveva una fusoliera assai più affusolata ed aerodinamica. Il Macchi **MC 202** volò per la prima volta il 10 agosto 1940, era un classico caccia intercettatore diurno, monoposto, monoplano ad ala bassa a sbalzo, interamente metallico, con tutte le caratteristiche più moderne per un caccia italiano: carrello retrattile, ipersostentatori e radio ricetrasmittente, una Allocchio-Bacchini B.30 E e tettuccio chiuso. L'elica tripala metallica con passo variabile in volo e velocità costante era la Piaggio.P1001, dal diametro di 3,05 metri. Il serbatoio di carburante principale si trovava in fusoliera, tra la paratia antifiamma e il posto di pilotaggio. Altri erano nella sezione centrale dell'ala, da 40 litri ciascuno e uno di riserva da 80 dietro il seggiolino del pilota. Tutti erano protetti con trattamento autosigillante Semape. Alla radice dell'ala sinistra poteva essere montata una cinepresa. Fu nel complesso il migliore caccia italiano della guerra per le sue buone caratteristiche di velocità e arrampicata, per il vasto impiego operativo avuto e per la quantità di esemplari prodotti. Fu il primo velivolo a dare ai piloti della RA un certo margine di vantaggio (a parte la potenza di fuoco) nei confronti dell' **Hurricane** che al **Curtiss P-40 Kittyhawk** contro i quali si scontrò, sul fronte della Libia. Sui primi esemplari di **MC 202** vennero montati motori DB 601A-1 originali. Esaurita la fornitura dei propulsori tedeschi, dal 1941, furono installati quelli realizzati dall'Alfa Romeo di Pomigliano d'Arco, complessivamente, furono ordinati 1.454 "Folgore". Il grosso delle ordinazioni spettò alla Breda (900), seguono l'Aermacchi stessa (403) e la SAI Ambrosini (150). In pratica la Breda riuscì a produrre 840 macchine, la Macchi 390 e la SAI soltanto 87. Non ci furono varianti particolari se non modifiche dettate dalle necessità operative come il **MC 202 AS** "Africa Settentrionale", dotato di un filtro antisabbia alla presa d'aria (applicato praticamente a tutti gli esemplari). Dalla serie VII fu introdotto il parabrezza in blindovetro e l'ala era predisposta per ospitare due mitragliatrici da 7,7mm con 500 colpi per arma. A causa dell'aumento di peso che riduceva la maneggevolezza, spesso i piloti, nei reparti, le facevano smontare. Dalla Serie XI in poi, i **MC 202** avevano due attacchi alari per bombe da 50, 100, o 160 kg, oppure serbatoi ausiliari sganciabili da 100 o 150 litri (raramente usati).

Fiat G 50V e CR 42V

Anche la Fiat modificò i propri velivoli da caccia in produzione con il motore DB601A. Le prove in volo effettuate, nonostante l'aumento di velocita sia del **G 50** (550kmh) che del **CR 42** (530kmh), non suscitarono l'interesse da parte della RA ed i velivoli vennero presto disallestiti.

Fig. 42: Fiat **G50V**

Fig. 43: Fiat **CR 42V**

14. Altre proposte di Caccia avanzate dalle industrie

Reggiane Re.2002

Fig. 44: **Re 2002**

(1° volo ago. '40, motore Piaggio PXIX, potenza 1175cv, lunghezza 8,16 m, apertura alare 11 m, altezza 3,15m, superficie alare 20,4mq, peso a vuoto/massimo 2390/ 3890kg, velocità massima 530kmh, salita a 6000m in 8'48'', autonomia 1100km, tangenza 10500m, armamento 2x12,7 in fusoliera e 2x7,7 alari, fino a 640kg bombe. Ordinati 698 Costruiti 150 per RA(da giu. 42 a sett. 43) e 90 per Luftwaffe nel 44).

Il **Reggiane Re.2002** ***Ariete*** era un monoplano monomotore, sviluppato dai precedenti **RE 2000/1 2**, progettato da Roberto Longhi e Antonio Alessio con un motore radiale Piaggio PXIX da 1160CV. Le ali erano come quelle del **RE2001** con struttura trilongherone. Il primo **RE 2002** volò nell'ottobre 1940, si presentava come un monoplano ad ala bassa, a sbalzo, dalla struttura interamente metallica, aveva fusoliera circolare, realizzata in duralluminio con struttura a guscio e rivestimento lavorante. L'abitacolo disposto nella parte centrale della fusoliera, nei velivoli di serie, era dotato di cappottina ribaltabile lateralmente, sul tipo del **MC 202**. L'ala aveva pianta ellittica ed era realizzata in duralluminio e rivestimento lavorante. La RA inizialmente pensò di impiegarlo come caccia in alternativa al **RE2001** (in pratica aveva la stessa velocità) soprattutto per diversificare la produzione con un tipo di motore diverso dal DB601, di cui si iniziava a vedere le difficoltà di acquisizione realizzazione. L'aereo però ebbe notevoli problemi per la messa a punto del propulsore che ne ritardarono l'entrata in linea alla fine del 1942. La RA pensò quindi di impiegarlo come caccia bombardiere e ordinò 100 esemplari nel nov. '41 seguiti da ulteriori commesse per altri 500 velivoli. Solo 150 velivoli vennero però consegnati prima dell'8 sett. '43. La RA impiegò operativamente il cacciabombardiere durante l'invasione alleata della Sicilia, ma molti velivoli vennero distrutti al suolo dai bombardamenti alleati. Il velivolo soffrì sempre di problemi di efficienza del motore e rispetto agli analoghi cacciabombardieri stranieri era poco armato, portava un carico limitato di bombe ed aveva poche blindature. Dopo l'8 settembre venne anche impiegato dalla Luftwaffe che aveva requisito i velivoli disponibili e li impiegò in Francia contro la guerriglia partigiana. La produzione della ditta prosegui fino ai bombardamenti degli stabilimenti , avvenuti nel gennaio del 44, arrivando ad una produzione di circa 240 velivoli.

I Caccia leggeri di Sergio Stefanutti SAI 207 e 403

L'ing. Stefanutti, dopo l'insuccesso dell'avveniristico caccia metallico **SS 4** del 1939, si dedicò alla progettazione e realizzazione di caccia intercettori leggeri utilizzando materiale autarchico come il legno nazionale.

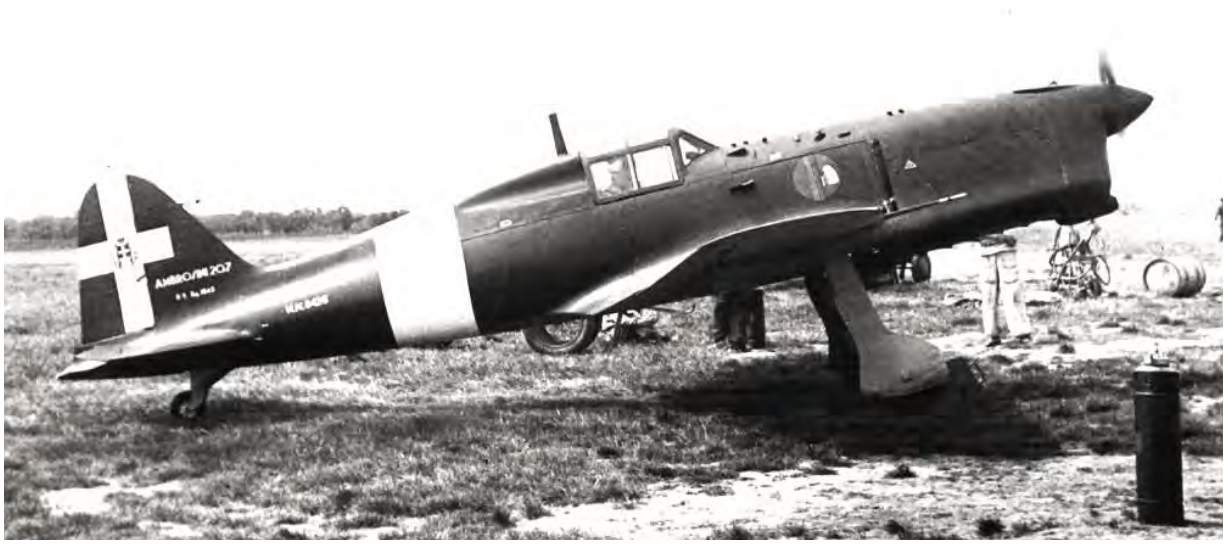


Fig. 45: il caccia leggero **SAI 207**

(1° volo fine '40, costruzione lignea, motore IF Delta RC40, a 12 cilindri in linea raffreddato ad aria, potenza 750cv, lunghezza 8,20 m, apertura alare 9m, altezza 2,4 m, superficie alare 13,9mq, peso a vuoto/massimo 1750/2410kg, velocità massima 620kmh, salita a 6000m in 7'34'', autonomia 850km, tangenza 12000m, armamento 2x12,7 . Costruiti 12 esemplari nel mar-lug.43).

Il primo velivolo costruito fu il **SAI 107**, che era una derivazione del velivolo da turismo e addestramento **SAI 7**, motorizzato con un motore il linea I.F. Gamma da 540CV, il peso a vuoto era di soli 1000kg e durante le prove (giugno '40) raggiunse la velocità di 560kmh. Sempre sulla stessa cellula, costruì poi il **SAI 207** con motore I.F. Delta a 12 cilindri a V invertiti, raffreddati ad aria, ed armamento composto da due Breda da 12,7 sparanti attraverso il disco dell'elica. Il prototipo fece il suo primo volo sul campo di Castiglione del Lago nell'autunno del 1940 e nelle successive prove si dimostrò molto veloce raggiungendo 620 km/h in piano e ben 900kmh in picchiata. Il velivolo era molto agile e manovrabile a bassa e media quota ma ad alta quota, per colpa del motore, diventava scadente. La struttura, realizzata totalmente in materiali non strategici, era molto economica (96.000lire contro 514.000lire di un **MC202**) e portava un risparmio nelle ore lavorative (6.000 contro 21.000 ore lavorative di un **MC202**), consentendo l'utilizzo di maestranze con solo esperienza di falegnameria. La messa a punto del **SAI 207** risultò piuttosto difficoltosa a causa del motore, in linea raffreddato ad aria, che tendeva a prendere fuoco in volo, per l'insufficiente ventilazione dei cilindri più interni. La RA comunque ordinò una preserie di dodici velivoli, costruiti nel mar-lug'43, per valutazioni operative. Questi si rivelarono molto delicati strutturalmente e con insufficienti prestazioni di salita e manovrabilità ad alta quota. Pertanto un'iniziale ordine di 2000 esemplari venne annullato in favore del suo successore il **SAI 403**. Quest'ultimo velivo aveva un'ala più grande per poter contenere 2 cannoni da 20 ed eliminare i difetti di manovrabilità riscontrati alle alte quote da suo predecessore. Dotato di un motore IF Delta potenziato, fece il suo 1° volo nell'estate del 43, dimostrandosi più veloce (648kmh e 6' 47'' per raggiungere i 6000m). Venne ordinato dalla RA in 3000 esemplari da costruire presso la SIAI, la Caproni e la Sai Ambrosini e altre ditte minori, l'armistizio bloccò però ogni programma costruttivo. La Luftwaffe, che aveva provato il velivolo dopo l'armistizio, ne aveva consigliato la costruzione presso l'Heinkel in Germania ed aveva fornito i piani costruttivi alla Mitsubishi giapponese senza però avere alcun sviluppo.

15. Una nuova specialità: i Caccia Notturni

Fig 46: **CA 331B**

(1° volo est. '42, triposto, motori I.F. Delta VI, potenza 2x850cv, lunghezza 11,74 m, apertura alare 16,4 m, altezza 3,48 m, superficie alare 38,4mq, peso a vuoto/massimo 4600/6800Kg, velocità massima 505km/h, autonomia 1815 km, armamento 6x12,7 poi 4x20 e 2x12,7 anteriori 2x12,7 posteriori superiore e inferiore)

Con lo scoppio della guerra ed i primi bombardamenti notturni subiti, la RA costituì prima sezioni poi specifiche squadriglie di Caccia Notturni impiegando i velivoli disponibili, ovvero i **CR32, CR42** e **F5** modificati solo negli scarichi dei tubi di scappamento, allungati per non far vedere le vampe infuocate nei voli notturni. Agli inizi del 1942 la RA costituì il Comando Intercettori Leone, dedito espressamente alla caccia notturna, costituito dal 41° Stormo. Dall''agosto del 1942 la prima Squadriglia da caccia notturna era operativa e venne dislocata a Venegono, altre Squadriglie/Sezioni, vennero create successivamente, a Lonate Pozzolo, Caselle Torinese, Albenga, Novi Ligure, Roma, Napoli ed in Sicilia. Oltre ai velivoli **CR42** e **F5N** iniziarono ad entrare il linea i **RE 2001** con cannoncini alari, tutti gli aerei erano dotati di radio. Nel 43 vennero assegnati ai Reparti anche alcuni bimotori tedeschi Messerschmitt **Me 110** e Dornier **Do 217**, dotati di maggior armamento ed, in alcuni velivoli, di radar imbarcato. L'industria nazionale mise anche a disposizione nel mag.-ago.'43 n°10 velivoli Cansa **FC20 bis** (velivolo presentato per il concorso OA del 1938) armati con un cannone da 37 nel muso che però non riuscivano ad intercettare i bombardieri in quanto meno veloci. Era anche in via di sperimentazione il **CA 331B**, realizzato modificando 2 dei tre prototipi realizzati per il concorso per un velivolo bimotore da Osservazione Aerea bandito dalla RA nel 1938 (il **CA 331** risultò fra tutti i concorrenti presentati il più brillante nelle prestazioni, moderno ed interamente metallico in duralluminio. Fu proprio questo il motivo per cui non venne prescelto per l'originale impiego, in quanto si preferì destinare questo prezioso metallo per i caccia e lasciare ai ricognitori il meno nobile legno). Nella configurazione da caccia notturno, al velivolo venne chiuso il muso vetrato e l'armamento venne potenziato con 4 ulteriori mitragliatrici da 12,7(o 4x20mm) in caccia oltre quelle già esistenti (2 anteriori e 2 posteriori). Nelle prove in volo effettuate nella seconda metà del 1942 il **CA 331B** raggiunse 505kmh. Vista la bontà della formula costruttiva del velivolo, la ditta propose di installare unità motrici più potenti, DB 601-605, con i quali riteneva di far raggiungere al velivolo 650kmh. La richiesta di produzione di 1000 esemplari, avanzata nel 1942, venne cancellata nel 43, l'armistizio poi pose fine ad ogni ulteriore sviluppo del velivolo.

16. Nuovi motori per la Regia Aeronautica

Fig.47 : motore DB 605 da 1450cv, prodotto dalla Fiat con il nome di RA 1050 dal 1942. Eguipaggiò tutti i caccia serie 5.

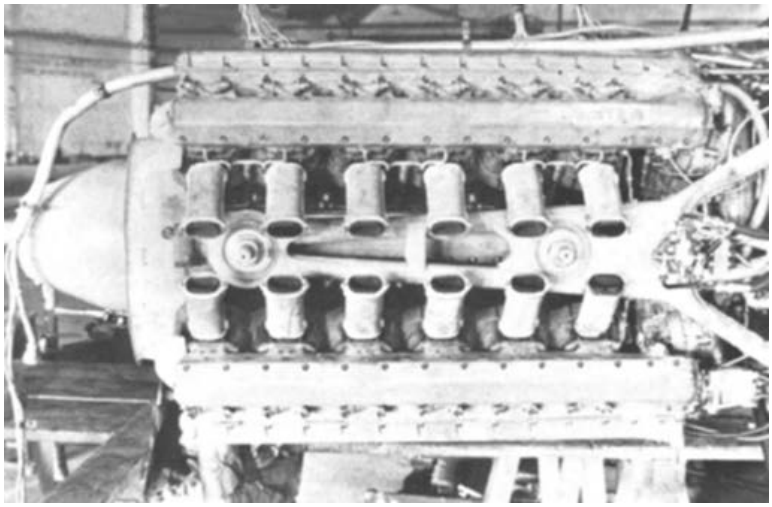


Fig. 48: motore isotta fraschini Zeta da 1250cv, a 24 cilindri disposti ad X, raffreddati ad aria, la cui istallazione fu provata su alcuni caccia senza fornire adeguate prestazioni.

Fig. 49: motore Piaggio PXIX da 1100cv,

La Germania aveva in produzione anche il DB 605 che forniva 1250cv in quota, 'Italia acquisì nel 1941 la relativa licenza di produzione e incaricò la Fiat per la produzione. Questa iniziò subito ad assemblare la catena di montaggio e i primi motori furono realizzati nel 1942 mentre la produzione di massa iniziò nel 1943. La denominazione assunta dal motore fu di Fiat 1050 RC 58I (DB 605A). In totale furono realizzate 1.196 unità nel 1943 e 548 nel 1944. Purtroppo i tentativi dell'industria nazionale di produrre motori più potenti, fallì miseramente. I prototipi realizzati Isotta Fraschini Zeta da 1250 cv e Sigma da 1600cv a 24 cilindri in linea ad X (in pratica erano due motori Gamma ed Asso accoppiati) non superarono la fase sperimentale. Solo la Piaggio nel 42 riuscì a produrre il Piaggio PXV RC 60/27 a 18 cilindri da 1700cv ed il PXIX RC45 di 1100cv dopo 2 anni di messe a punto.

	Fiat 605RC58	Sigma 20/50	Zeta RC42	PXIX RC45	PXV RC60/27
CV al decollo:	1475	1600	1255	1100	1650
N° giri al 1'	2800	2650	2700	2500	2250
CV normale	1250/5800m	1550/2000	1250/4200m	1180/4500m	1500/5900
CV di punta	1355cv per 5';	1600	1300		
Carburante	87	93	93	100,	100
Lubrificante	olio minerale	olio ricino	olio ricino	olio ricino	
Cilindri	12 a V inv. 60°	24 a x	24 a x	18	18
Raffred.	Acqua in pres.	aria	aria	aria	aria
Avviamento	elettrico/mano	elett./mano	aria comp.	aria comp.	Aria comp.
Lunghezza	2,305	2,520	2,226	1,740	
Larghezza	0,760	0,995	0,895	1,265	1,41
Altezza	1,037	0,995	0,931		
Sup.frontale	63dmq	90	75	125,4 dmq	156dmq
Peso secco	765kg	880	790	710	900

17. I Caccia Intercettori della Serie 5

Gli intercettori della "serie 5" nacquero per far fronte alla richiesta della RA di un caccia che potesse utilizzare il motore tedesco DB-605, del quale era stata acquisita la licenza di produzione, affidata alla Fiat che lo avrebbe prodotto con la denominazione di Fiat RA 1050 RC 58. Il nuovo velivolo doveva essere adatto alle intercettazioni a quote sub-stratosferiche, avere una velocità non inferiore ai 620 km/h, un'autonomia non inferiore ai 1000 km ed un armamento standard composto da 1 cannone da 20 mm e da 4 mitragliatrici da 12,7. Le ditte italiane modificarono le cellule dei velivoli disponibili per installare il nuovo motore, dando vita, in ordine temporale, al Caproni **F 6M**, al Macchi **MC 205**, Fiat **G 55** e Reggiane **RE 2005.**

Caproni F 6M

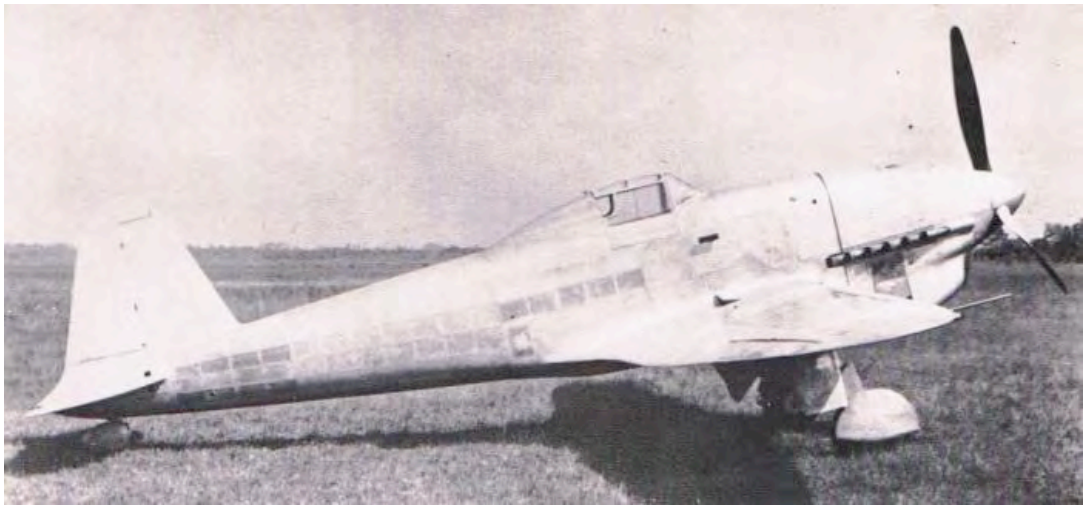


Fig. 50: **F 6M** *(1° volo set. 41,motore DB 605, potenza1475cv, lunghezza 9,25m, apertura alare 11,82 m, altezza 3,20m, Superficie alare 18,5mq, velocità massima 570Kmh, armamento 2x12,7 in fusoliera e 2x12,7 alari) effettuò il suo 1° volo nel settembre 1941).*

Il Caproni **F6M**, fu il primo velivolo italiano ad essere dotato del motore DB605 e fece il suo primo volo nel set. del 1941. Rispetto al suo predecessore **F4**, il velivolo era ora completamente metallico e presentava una grossa presa d'aria sotto il cofano motore che conteneva i radiatori per il raffreddamento dei liquidi del motore. Tale sistema non venne ritenuto idoneo e venne modificato installando la presa d'aria in una gondola sotto la fusoliera in corrispondenza delle ali. In questa configurazione l'aereo fece registrare una velocità massima di 570kmh a 5 000m ed un tempo di salita a 6 000 m in 5' 40'' prestazioni molto inferiori ai modelli Fiat, Macchi e Reggiane dotati dello stesso motore, per cui il velivolo non venne preso in considerazione per la produzione.

Fig. 51: il velivolo **F6Z**, con motore I.F. Zeta da1250cv, con il quale si prevedeva potesse raggiungere 630kmh.

La Caproni, decise di installare sulla cellula dell'**F6** il motore I.F. Zeta che aveva in sperimentazione. Questo motore era costituito da due motori Asso congiunti, aveva quindi 24 cilindri ad X, della potenza di 1 250 CV, raffreddati ad aria. Il nuovo velivolo differiva esternamente dal precedente per una nuova cofanatura del motore e per l'assenza della presa d'aria ventrale, conseguenza dell'assenza dell'impianto di raffreddamento. Grazie al miglior coefficiente di resistenza aerodinamica si prevedeva potesse raggiungere la velocità massima di 630 km/h. Le prove in volo, iniziate nell'agosto '43 misero in mostra i soliti problemi di mancanza di raffreddamento e surriscaldamento del motore ed il progetto venne abbandonato.

MACCHI MC 205V

Fig 52: Macchi **MC 205V**

(1° volo apr. '42, motore Fiat RA 1050 RC 58 potenza 1475cv, lunghezza 8,85m, apertura alare 10,5m, altezza 3,03 m, superficie alare16,8mq, peso a vuoto/massimo 2524/3224kg, velocità massima 650kmh, salita a 6000m in 5'30'', autonomia1040km, tangenza 11350m, armamento 2x12,7 in fusoliera e 2x7,7 (poi 2x20) alari, bombe 2x160. Ordinati 750. Costruiti 180 prima e 180 dopo set '43).

E' in pratica il velivolo **MC 202** rimotorizzato con un Fiat RA 1050 RC 58, da 1.475 hp. Rispetto al **ME 109** (ed anche ai suoi concorrenti della "serie 5", Il Fiat **G 55** e il Reggiane **RE 2005**) il Macchi aveva il difetto di una progettazione artigianale derivata dai concetti costruttivi del **MC 200** del 1936, che si traduceva in più lunghi tempi di lavorazione. Le catene produttive del velivolo (Macchi, Breda e SAI) erano però le stesse del **MC 202** e quindi la RA commissionò subito il velivolo in 750 esemplari, non attendendo l'esito del concorso.

Purtroppo gli stabilimenti lavoravano a ritmo ridotto rispetto alle loro possibilità, a causa della lentezza della Fiat nel fornire i motori necessari. Il ritmo di produzione passò pertanto da circa 30 **MC 202** al mese a circa 12 **MC 205**. I primi esemplari operativi entrarono in azione in Sicilia nei primi del 43 e finalmente i piloti italiani avevano ora a disposizione un velivolo al pari di quelli nemici, veloce e, con i cannoncini alari, potentemente armato. Nell'insieme il Macchi **MC 205V** si dimostrò un ottimo aereo, robusto, ben armato, dotato di eccezionali doti di arrampicata (salita a 6000 m in 5 minuti e 30 secondi), molto veloce in piano 647 kmh ed in picchiata 980 km/h. Il velivolo però aveva le stesse ali del **MC 200**, pesando però il 50% in più, che causavano una perdita di manovrabilità dell'aereo a partire dai 7000m di quota. Per ovviare a questi inconvenienti, e per concorre al concorso caccia serie 5, la Macchi realizzò il Macchi **MC 205 N** Orione che presentava un'ala di maggior dimensione (19mq), armamento aumentato (3x20 e 2x12,7), che a parità di potenza del motore, portava però a una riduzione della velocità massima da 647 a 629 km/h ed a un'aumento del tempo di salita. Tale aereo non venne però richiesto dalla RA preferendogli Il **G 55** e il **RE 2005**

Fiat G55

Fig. 53: Fiat **G55**

(1° volo apr. '42, motore Fiat RA1050, potenza1475cv, lunghezza 9,37 m, apertura alare 11,85 m, altezza 3,13 m, superficie alare 21,11mq, peso a vuoto/massimo 2630/3520kg, velocità massima 620kmh, salita a 6000m in 5'5'', autonomia 1160km, tangenza 12700m, armamento 1x20 e 4x12,7 (poi 3x20), bombe 2x160)

l primo progetto del velivolo **G55F** risale al 1939 con motore Fiat A38 RC14-45 a 16 cilindri a V rovesciata da 1200cv in quota, sviluppato dall'ufficio Tecnico Motori della Fiat dagli ing. Antonio Fessia e Carlo Felice a seguito di specifica richiesta del 1938. I primi disegni risalgono all'11/7/39 e si vede una cellula molto più snella di quella del G50 e una normale elica tripala poi sostituita da una doppia bipala coassiale (primavera 40). Successivamente venne definita una versione con motori alternativi quali l'I.F. Zeta RC40/60 a 24 cilindri a X raffreddati ad aria da 1250 cv. Seguendo i suggerimenti dalla DGCA, il velivolo venne realizzato con una superficie alare superiore ai 20mq per avere una migliore manovrabilità alle alte quote. Purtroppo la messa a punto dell'A38 fu laboriosissima e mai completata. Le prove al banco del motore vennero avviate nel giugno del 40 e all'inizio del 41 fu costruito un simulacro dell'aereo che (il 30/5/41) venne presentato al Capo di S.M. della R.A. Gen. Pricolo. In giugno avrebbe dovuto essere omologato l'A38 ma il motore continuava a funzionare male per cui tra giugno e luglio venne presa la decisione di impiegare il DB605 che doveva essere prodotto dalla stessa Fiat con il nome di R.A.1050 e in alternativa l'I.F. Zeta. Il prototipo del **G 55** con motore DB605 fece così il suo primo volo nell'aprile del 1942. Il velivolo si presentava come un monoplano ad ala bassa a sbalzo, monomotore, monoposto a struttura interamente metallica, fusoliera a sezione ellittica in duralluminio con struttura a semiguscio, la parte anteriore e a guscio la parte posteriore, con rivestimento in super-avional. L'laa era metallica con due longheroni e centine e rivestimento lavorante in duralluminio; gli alettoni erano con struttura in duralluminio e rivestimento in tela; gli ipersostentatori erano ad ad apertura ventrale ed interamente metallici. Il Carrello retrattile era per retrazione verso l'interno a scomparsa totale con ammortizzatori oleo-pneumatici FAST. Il Ruotino di coda era orientabile e retrattile. I piani di coda erano a sbalzo completamente metallici tranne le superfici mobili rivestite in tela. Il Posto di

pilotaggio era con cappottina vetrata ribaltabile lateralmente e pilone posteriore di protezione; il seggiolino del pilota era corazzato; era dotato di apparecchiatura radio ricetrasmittente e la Strumentazione era composta da girorizzonte, collimatore S.Giorgio, altimetro, bussola, anemometro, indicatore di virata, variometro, contagiri, manometro carburante, manometro olio, teletermometro doppio del refrigerante, teletermometro doppio olio, indicatore di livello carburante. Aveva un serbatoio in fusoliera dalla capacità di 330l e due alari da 125 l. cadauno. L'elica era tripala metallica Piaggio a passo variabile in volo. Realizzato con tutte le più moderne tecniche costruttive, teneva conto anche della sua facilità e celerità di costruzione. Nelle prove comparative con gli altri aerei della serie 5 risultò il migliore e la RA fece subito sostanziosi ordini di produzione. Fu senza dubbio il miglior caccia prodotto in Italia durante la guerra. Questo veloce e robusto aereo, nel corso del suo breve ma intenso servizio operativo, svolto nella RA e nella RSI, si dimostrò un intercettore molto efficace sopratutto in quota. Nelle battaglie aeree svoltesi nei cieli dell'Italia del Nord, nell'ultimo anno di guerra, il Centauro si scontrò con avversari di tutto rispetto, come lo Spitfire, P38, P 47 e P51, dimostrandosi in ogni occasione un potente avversario. L'armamento originario di 4 mitragliatrici Breda-Safat da 12,7 e un cannone Mauser MG151/20 con tiro attraverso il mozzo dell'elica, con una dotazione di 200 colpi venne poi portato a 2 mitragliatrici Breda-Safat da 12.7mm in fusoliera, sincronizzate e sparanti attraverso il disco dell'elica con 300 colpi per arma e 3 cannoni Mauser MG151/20 da 20 mm, uno con tiro attraverso il mozzo dell'elica con 250 colpi e due cannoni alari con 200 colpi per arma. Aveva inoltre due attacchi subalari per carichi di caduta fino a 320kg o serbatoi ausiliari. In produzione dai primi del 1943 ebbe commesse per 3200 caccia (1200 Fiat 600 CMASA, 600 SIAI e 600 Macchi) le prime consegne furono nell'agosto e al settembre solo 40 esemplari vennero presi in carico dalla RA. La produzione del **G 55** continuò anche dopo l'armistizio ma fra i bombardamenti, i sabotaggi e gli scioperi subiti, la Fiat , fino alla fine della guerra, produsse solo altri 180 **G 55**. Nel dopoguerra Il Centauro venne esportato in Egitto e Siria (rispettivamente 19 e 16 macchine), che lo impiegarono come caccia-bombardiere nella guerra contro Israele nel 1948 e in Argentina (30). Venne sperimentata nel 44, la possibilità di trasformarlo in caccia-silurante, un esemplare che prese la denominazione di **G 55S,** venne modificato con lo sdoppiamento delle prese d'aria del radiatore e il montaggio del meccanismo di sgancio per un siluro da 930kg e venne provato in volo con successo nel mar. 45.

Reggiane RE2005

Fig.54: Re2005

(1° volo mag. '42, motore Fiat RA1050, potenza 1475cv, lunghezza 8,73 m, apertura alare 11m,altezza 3,15m, superficie alare 21mq, peso a vuoto/massimo 2600/3610kg, velocità massima 628kmh, salita a 6000m in 5' 30'', autonomia 1250km, tangenza 12000m, armamento 2x12,7 e 3x20 bombe fino a 640kg bombe. Ordinati 780 Costruiti 36 esemplari fino 8 sett.43).

Il Reggiane RE 2005 è da molti considerato come il più bel caccia della II WW. Fece il suo 1° volo nel maggio '42 e solo 36 aerei vennero consegnati alla RA che li utilizzò, con successo, nella difesa di Napoli, della Sicilia e di Roma. Nel concorso caccia serie 5 arrivò secondo dietro al **G 55**, ma davanti al Macchi **MC**

205N. Secondo gli intendimenti dello SMA il velivolo doveva essere impiegato come cacciabombardiere, lasciando il ruolo di caccia intercettore al solo **G55**. L'ordine avanzato nell'aprile del '43 per la costruzione di 750 esemplari venne appena iniziato poi l'armistizio mise fine a tutta la sua produzione. Il tempo di lavorazione per ogni aeroplano era inferiore rispetto al Macchi **MC 205**, ma superiore a quella del **G 55**. Di dimensioni leggermente più piccole del **G 55**, risultava a questo più veloce ed agile (nelle prove la ditta dichiarò di aver raggiunto una velocità massima di 678kmh in piano e 978kmh in picchiata). La struttura era completamente metallica ed in buona parte in parti stampate, l'ala era ellittica, a struttura a cassone bilongherone, le superfici di controllo (alettoni, piani di coda) erano rivestite in tela. Il carrello era a retrazione verso l'esterno delle ali. L'armamento, inizialmente previsto in 4x12,7 e 1x20, venne portato a 2x12,7 (in fusoliera per il TAE) e 1x20 nel mozzo del motore e 2x20 alari. Previsti 3 ganci per serbatoi benzina o bombe (2x160kg alari e 1x640kg ventrale)

Piaggio P119

Fig 55: Piaggio **P 119**

(1° volo dic. '42, motore Piaggio P. XV, potenza 1650cv, lunghezza 9,70m, apertura alare 13 m, altezza 2,9m, superficie alare 27,8mq, peso a vuoto/massimo 2670/4100kg, velocità massima 640kmh, salita a 6000m in 7'15'', autonomia 1500km, tangenza 12500m, armamento 1x20 e 4x12,7).

Inseriamo nel gruppo dei caccia della serie 5 anche il caccia sperimentale Piaggio **P119**. Il velivolo era stato progettato dall'ingegner G. Casiraghi nel 1940 per utilizzare uno dei più potenti motori nazionali prodotti: il radiale Piaggio P XV da 1650cv. Il motore anziché anteriormente era posizionato al centro della fusoliera, dietro il pilota, e veniva collegato all'elica tramite un lungo albero di trasmissione. L'armamento di lancio (1x20 e 4x12,7) poteva essere così posizionato nella parte anteriore della fusoliera, con il vantaggio di poter meglio sfruttare la concentrazione di fuoco e la manutenzione delle armi. La cabina di pilotaggio era in posizione avanzata consentendo al pilota una migliore visibilità. Il prototipo effettuò il suo primo volo nel dic. del 1942. Purtroppo furono riscontrati grossi problemi di raffreddamento del motore che nonostante le modifiche non vennero mai risolti. Durante una di queste prove, ago. '43, il velivolo si incidentò e non venne più riparato.

18. Motore DB 603°, prototipi e progetti di caccia non portati avanti per l'armistizio

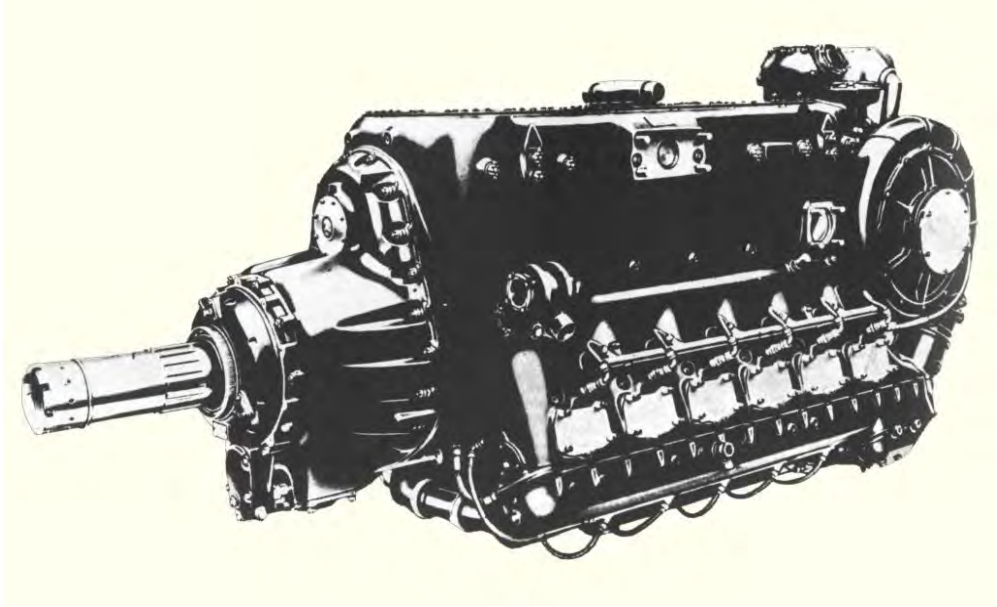


Fig. 56: Motore Daimler Benz 603A-1 a 12 cilindri raffreddati a liquido a V rovesciato, da 1750CV

La RA aveva richiesto alla Germania la licenza di produzione del motore Daimler-Benz DB-603A-1 da 1.750cv che non si concretizzò a causa dell'armistizio. La Germania comunque fornì dei motori DB-603 che vennero utilizzati per la costruzione dei prototipi della cosiddetta «Serie 6», cioè il Macchi **MC 206/7**, il FIAT **G 56** e il Reggiane **RE 2006**.

Reggiane RE 2006

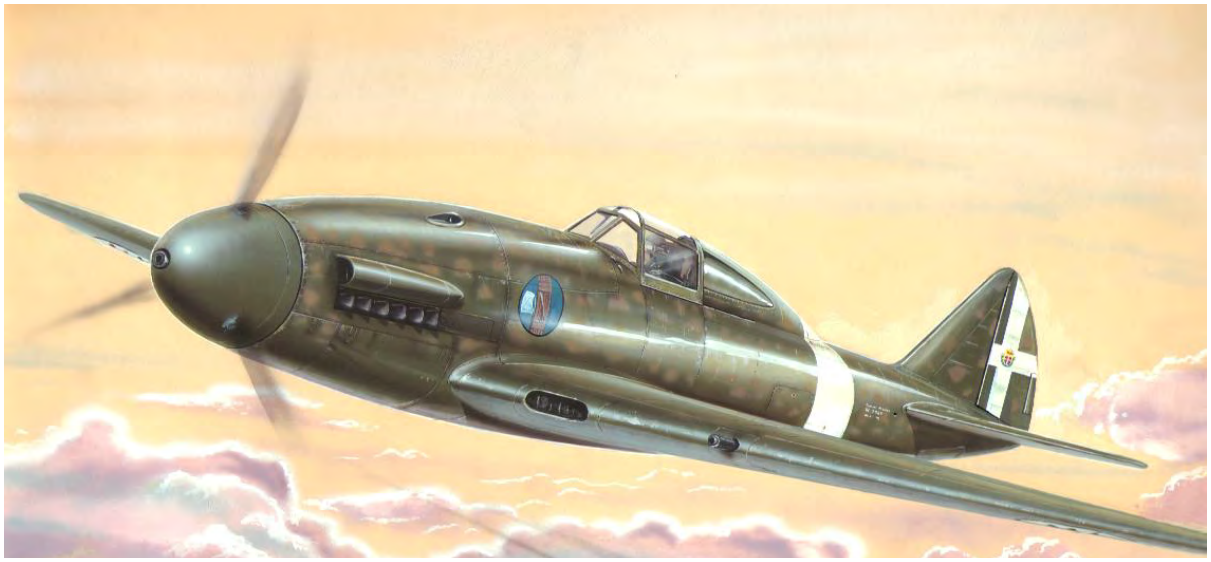


Fig. 57: Raffigurazione pittorica del Reggiane **RE 2006** *(motore DB603, potenza 1750cv, lunghezza 9,8 m, apertura alare 11m,altezza 3,75m, superficie alare 21mq, peso a vuoto/massimo 2960/3950kg, velocita massima 750 km/h, autonomia 1100 km, tangenza 12000m, armamento 2x12,7 e 3x20).*

La Reggiane con la disponibilità del motore DB 603 da 1750cv. modificò la cellula del **RE 2005** ottenendo il **RE2006**. Il 9 maggio 1943, la Reggiane venne autorizzata a costruire due prototipi. Il programma di sviluppo fu però interrotto in seguito all'armistizio, quando il primo prototipo era quasi ultimato. Il **RE 2006** si differenziava dal predecessore per i radiatori che erano contenuti nello spessore dell'ala e per essere leggermente più lungo, risultando così più profilato da un punto di vista aerodinamico. Secondo i calcoli dei progettisti avrebbe potuto raggiungere i 750kmh a 8000m di quota, superando in prestazioni tutti i caccia ad elica dell'epoca.

Macchi MC 206/207

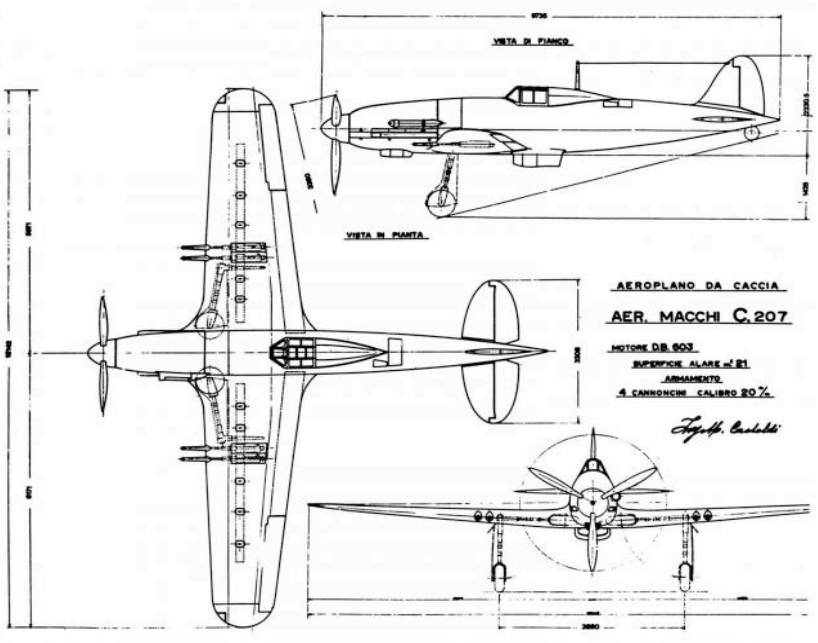


Fig 58: disegni tre viste del **MC 207**

(motore DB 603, potenza1750 CV, apertura alare 12,14m, lunghezza 9,735m, altezza 3,25m, superfice alare 21mq, peso a vuoto/massimo 3292/4350Kg, velocità massima 700kmh, tangenza 12000m, armamento 4x20 alari).

L'ing. Castoldi nel 1943 aveva progettato il **MC 206**, con un ala ingrandita a 21mq (due in più rispetto al **MC205 N**) e miglioramenti aerodinamici per le prese d'aria. Il completamento del prototipo era previsto per l'ottobre 1943 ma un incidente in fase di costruzione lo danneggiò e complici anche i bombardamenti alleati degli stabilimenti il prototipo non venne più completato. Contemporaneamente, con la disponibilità del motore DB-603A-1 da 1.750cv, venne progettato il **MC 207**, simile al **MC 206**, sia pure allungato e con differente armamento. Sul **MC 206** si prevedeva l'istallazione di due mitragliatrici da 12,7mm sopra il motore, un cannone-motore da 20mm e due armi alari dello stesso calibro, sul **MC 207** solo quattro MG-151/20A alari con 250 colpi per arma. Completato il progetto, fu avviata la costruzione della fusoliera, ma ogni attività fu troncata dall'8 settembre 1943.

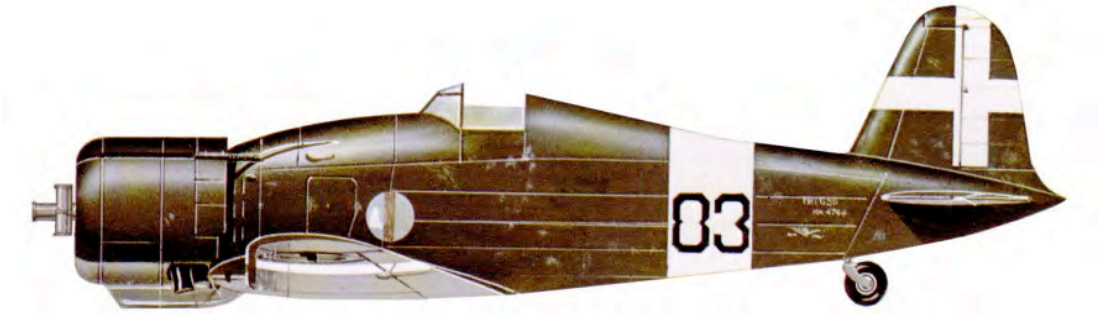
Fiat G56

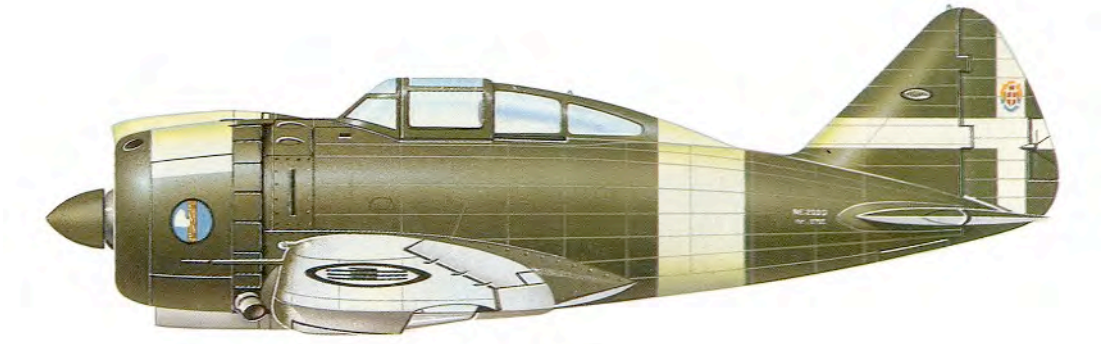
Nell'aprile del 1943, l'ing Giuseppe Gabrielli, con la disponibilità di un esemplare di motore DB603A da 1750CV, presentò il progetto per installarlo su un **G 55**. Nel luglio la RA richiese la costruzione di 2 esemplari del nuovo velivolo che aveva assunto la denominazione di **G 56**. Il nuovo velivolo venne allungato ed assunse un migliore profilo aerodinamico. L'arrivo dell'armistizio bloccò ogni lavoro sui 2 esemplari e solo successivamente poterono essere ripresi dopo l'autorizzazione della commissione di vigilanza tedesca. Il 28/03/44 il **G 56** fece il suo primo volo con insegne tedesche. Il secondo prototipo venne portato avanti con la variante di una cabina di pilotaggio semistagna. Il 25 aprile un pesante bombardamento alleato sullo stabilimento provocò la distruzione e il danneggiamento di numerosi aerei, tra i quali anche dei **G 56.** l'Alto Comando tedesco impose pertanto la fine del suo sviluppo.

Fig 59: Fiat G56

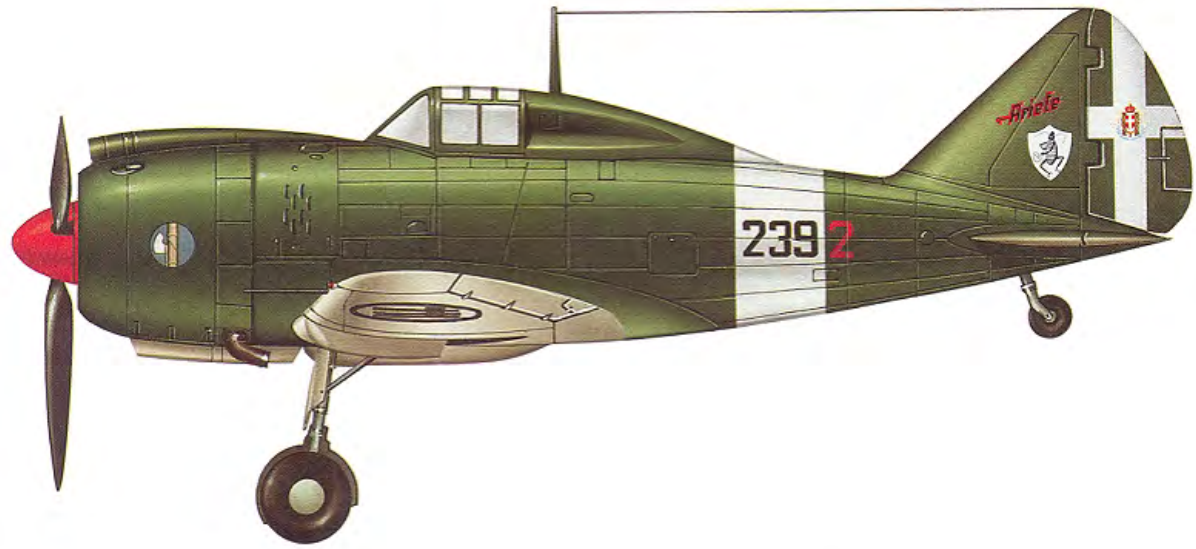
(1° volo mar. '44, motore DB 603, potenza 1750cv, lunghezza 9,56 m, apertura alare 11,85 m, altezza 3,13 m, superficie alare 21,11mq, peso a vuoto/massimo 2900/3854kg, velocità massima 685kmh, salita a 6000m in 7'15'', autonomia 1280km, tangenza 13500m, armamento 3x20. Costruiti 2 prototipi)

PROFILI CACCIA INTERCETTORI SERIE “0”: CR42, G50, MC200 e RE2000





PROFILI CACCIA INTERCETTORI “SERIE 1”: RE2001, MC202 e RE 2002



PROFILI CACCIA INTERCETTORI “SERIE 5”: MC 205V, RE2005 E G55

Esempi di trasferimenti d'idee e progettisti

Relatore ing. Lorenzo Morello

Nella prima metà del novecento, numerosi dettagli progettuali sviluppati per l'aviazione furono applicati anche alle automobili, particolarmente per mano dei costruttori attivi nei due settori.

Esempi di simili trasferimenti possono essere identificati nelle produzioni di Alfa Romeo, Fiat, Isotta Fraschini e Itala, in Italia, di Voisin, Daimler, Hispano Suiza, Rolls Royce, Ford e altri ancora, all'estero.

Tecnologie d'ispirazione aeronautica furono applicate non solo alle automobili da competizione, ma anche a quelle destinate al mercato.

In molti casi, lo stabilirsi di sinergie fra i due campi fu facilitato dall'organizzazione degli uffici tecnici, privi di confini netti fra i due prodotti; anzi in molti casi, il settore aeronautico, stimolato dalle sfide poste da obiettivi di leggerezza e potenza specifica particolarmente esasperati, fu considerato quasi come una scuola di formazione professionale, da cui attingere gli elementi più dotati, per incarichi di maggior responsabilità.

Considerando il caso della FIAT, si ricorderà che, ancora nel 1934, tutti gli Uffici Tecnici erano coordinati dall'ing. Tranquillo Zerbi, che riuniva alle sue dipendenze l'Ufficio Carrozzerie, l'Ufficio Autoveicoli e l'Ufficio Motori Avio; lo stesso direttore, che guidò i progetti della 508 Balilla e della 1500, si era prima distinto nel settore aeronautico, sviluppando gli elementi di base della sovralimentazione e il famoso motore AS6, che contribuì a battere il record di velocità per idrovolanti, ottenuto da Francesco Agello.

Un simile percorso di carriera fu seguito anche dall'ing. Giulio Cesare Cappa, uno dei suoi più valenti collaboratori, che, dopo aver partecipato con successo alla progettazione del motore d'aviazione A14, sviluppò i propulsori delle automobili della serie 800, che ottennero numerose affermazioni nei Gran Premi dal 1922 al 1927; la loro tecnica fu così competitiva, da porre le basi per una scuola di progettazione motoristica, che Vittorio Jano e Vincenzo Bertarione trapiantarono con successo all'Alfa Romeo e alla Sunbeam, dopo aver lasciato la FIAT, alla ricerca di una posizione più importante.

Infine, anche l'ing. Dante Giacosa, responsabile dal 1935 dell'Ufficio Tecnico Vetture, proveniva dall'Ufficio Motori Avio, da cui fu trasferito nel 1934 per iniziare lo sviluppo di un progetto molto ambizioso, di cui si riferirà più avanti.

Saranno ora illustrati alcuni esempi di questo trapianto tecnologico, limitando per brevità l'esposizione a quelli più importanti, sviluppati nel nostro paese nei primi quarant'anni del secolo scorso.

Fig. 1. La FIAT S61 del 1911.

Il primo di questi è fornito dalla FIAT Tipo 90 HP (fig. 1), nota anche come S61 dal nome del motore; fu progettata nel 1908 per le competizioni americane, ottenendo ottimi risultati alla 500 Miglia di Indianapolis del 1911 (terza al traguardo), al circuito di Santa Monica del 1912 (prima e seconda) e al Gran Premio d'America dello stesso anno (prima). In Europa, vinse il Gran Premio di Francia del 1911, con una velocità media di 84,5 km/h, compiendo il giro più veloce a 109 km/h; la velocità massima dell'S61 era già di 160 km/h.

L'autotelaio non presentava molte diversità dalle automobili di serie; mostrava ancora la trasmissione finale a catene, non più in uso nelle applicazioni commerciali. Questa fu preferita a quella cardanica perché non sollecitava l'assale posteriore con la coppia di ribaltamento e perché il rapporto finale poteva essere rapidamente adattato alle esigenze del circuito.

Unico elemento di distinzione fu l'applicazione di un freno aggiuntivo alla trasmissione, che poteva essere raffreddato da un getto d'acqua, aperto dal movimento del pedale.

La carrozzeria fu alleggerita, eliminando ogni parte non indispensabile al movimento e al trasporto. La S61, con un motore da 10 litri di cilindrata, pesava poco più di 1.000 Kg; potevano essere confrontati con i 1600 della FIAT 50 HP, di dimensioni equivalenti, ma motorizzata con 'soli' 7,5 litri di cilindrata.

Il contenuto tecnologico di maggior valore poteva essere riscontrato nel motore. Derivava da uno simile, progettato per la propulsione di dirigibili bimotori; le differenze fra versione aeronautica e terrestre erano limitate alle interfacce con i diversi sistemi di propulsione.

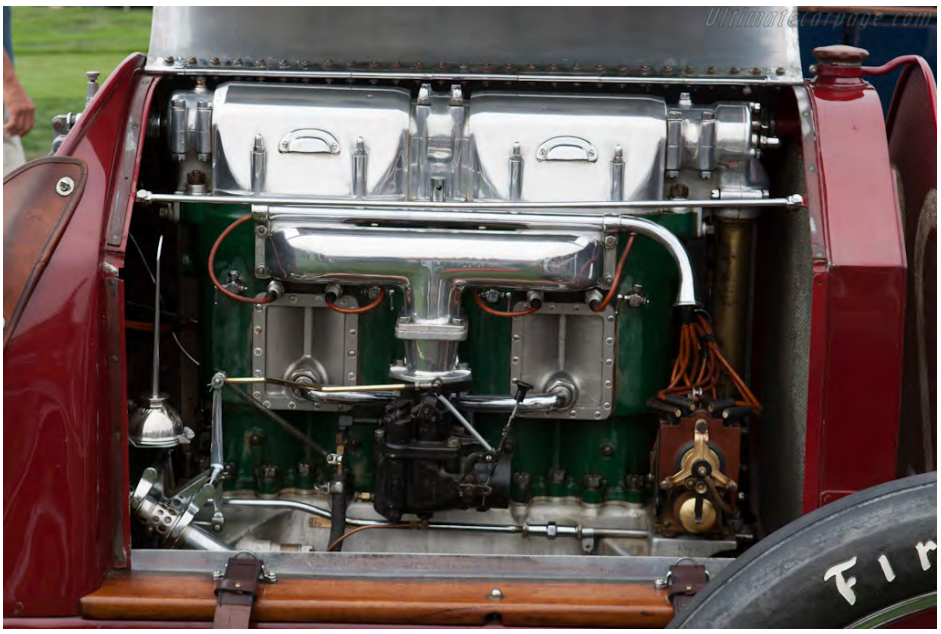


Fig. 2. La particolare disposizione di valvole e asse a camme nel motore S61.

Da un esame esterno (fig. 2), si nota la composizione del motore, classica per quei tempi, costituita da due blocchi di cilindri gemelli fusi in ghisa, e da un basamento in alluminio, formato da due semi gusci contenenti l'albero a gomiti.

Tuttavia, contrariamente ai motori automobilistici, dotati di valvole laterali comandate da due assi a camme posti nel basamento, la distribuzione dell'S61 aveva quattro valvole in testa, con un asse a camme anch'esso collocato in testa, come s'intuisce dalle forme dei coperchi e dall'albero di trasmissione verticale, che collega, con due ingranaggi conici, l'asse a camme con l'albero a gomiti.

Le dimensioni erano ragguardevoli: 130 mm di alesaggio e 190 di corsa, con una cilindrata totale di 10.087 cm^3. Valori così elevati non erano insoliti a quei tempi.

Non potendo aumentare la velocità di rotazione, per la resistenza delle bronzine e per l'accoppiamento con l'elica, o ricorrere a un rapporto di compressione più elevato, a causa della

qualità della benzina, l'unica leva a disposizione per elevare la potenza rimaneva, appunto, la cilindrata.

Il motore S61, nell'allestimento del Gran Premio di Francia, erogava 120 CV a 1.650 giri/min. Si noti, comunque, che la potenza specifica ammontava a 12 CV/l, circa il doppio di quella raggiunta dai motori commerciali a due sole valvole per cilindro.

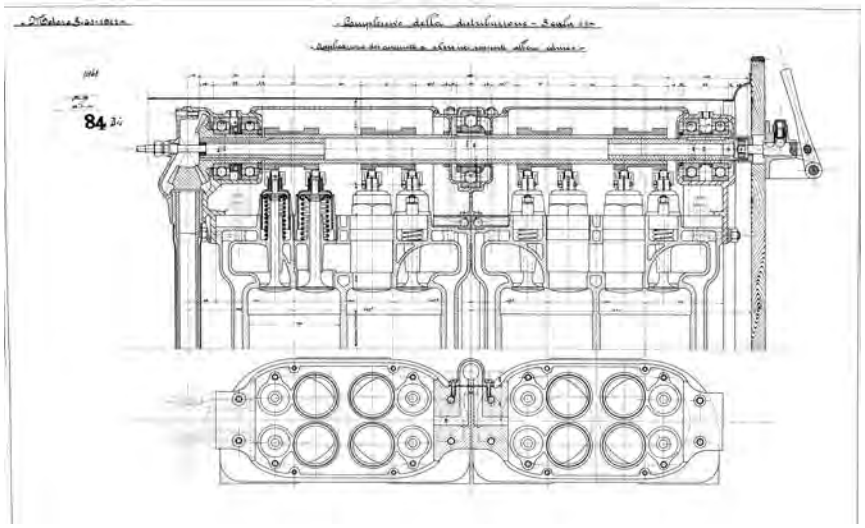


Fig. 3. Camme di scarico a doppio profilo, per ridurre all'occorrenza il rapporto di compressione.

Il disegno della distribuzione, in fig. 3, mostra il comando delle valvole per mezzo di un ponticello trasversale; quest'architettura, all'avanguardia a quel tempo, presentò nell'S61 una delle sue prime applicazioni, essendo applicata alle automobili di serie solo molti anni dopo.

Poiché le teste non erano scomponibili, non esistendo ancora guarnizioni di tenuta idonee all'applicazione, ogni valvola era alloggiata in un astuccio cilindrico smontabile, contenente anche la molla, che poteva essere facilmente sostituito all'occorrenza. A ogni coppia di valvole, considerata in senso trasversale, era assegnata la stessa funzione, con i condotti di aspirazione e scarico disposti sui due lati del motore.

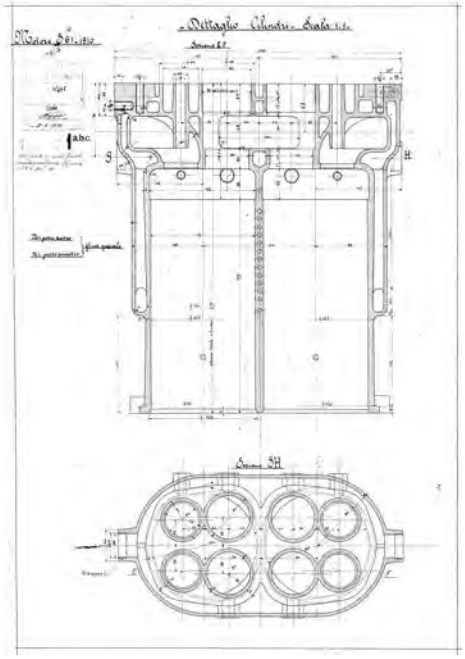


Fig. 4. Il blocco mostra numerosi fori all'unione delle canne per permettere il passaggio dell'acqua.

L’asse a camme poteva essere spostato in senso longitudinale da una maniglia disposta sul cruscotto; questa particolarità era motivata dal fatto che le camme di scarico (fig. 4), dotate di un secondo profilo di larghezza limitata, dovevano poter aprire le corrispondenti valvole, per un breve tempo, anche durante la corsa di compressione. Si poteva ridurre così, temporaneamente, il rapporto di compressione dell’enorme motore, per facilitare l’avviamento, da eseguirsi a mano.

L’albero verticale di comando della distribuzione era utilizzato anche per la pompa dell’acqua e il magnete, mediante una coppia di ruote dentate elicoidali. Il magnete aveva quattro doppie uscite, per attuare due candele per cilindro. Ciò era utile nell’applicazione aeronautica per la sicurezza; nelle competizioni, per abbreviare la durata della combustione, con vantaggio per la pressione massima ottenibile.

Come in tutte le costruzioni aeronautiche, nell’S61 si poteva apprezzare la cura posta nel contenimento del peso.

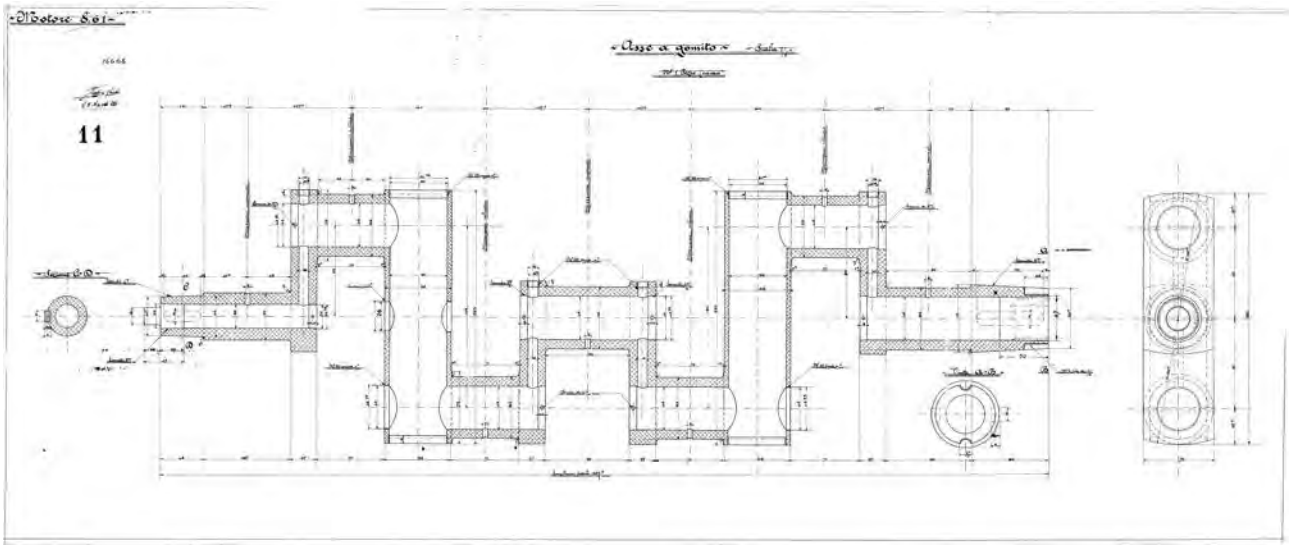


Fig. 5. Albero a gomiti lavorato all’esterno e all’interno per ridurre il peso.

Nella fig. 5, si osserva che, per accorciare il blocco, i due cilindri erano uniti nella zona mediana e non separati, come nei motori commerciali. La separazione dei cilindri permetteva il passaggio dell’acqua di raffreddamento; per ottenere lo stesso risultato nel motore da corsa, erano predisporti, in sostituzione, numerosi fori.

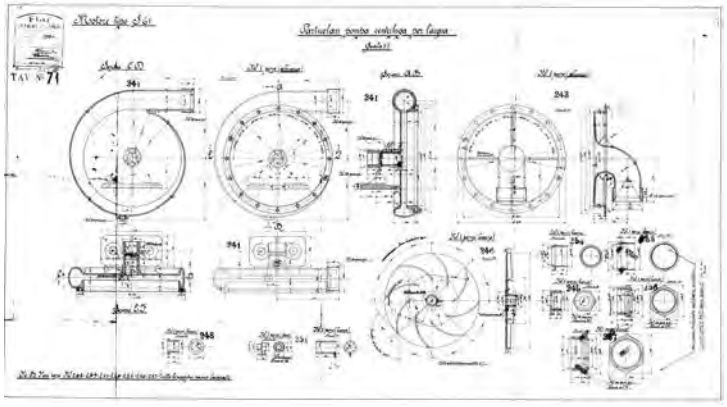


Fig. 6. Pompa dell’acqua ricavata da elementi fusi assottigliati a mano con il raschietto.

Anche l’albero a gomiti, in fig. 6, era alleggerito al suo interno; contrariamente agli alberi di produzione, cavi solo nei perni, in questo erano forate anche le maschette.

Non esisteva superfice in tutto il motore, comunque complicata come quella dei pezzi fusi, che non fosse alleggerita con lavorazioni meccaniche, spesso eseguite manualmente al raschietto,

come dimostra, ad esempio, lo spessore particolarmente ridotto di ogni parte della pompa dell'acqua il cui disegno è riportato in fig. 7.

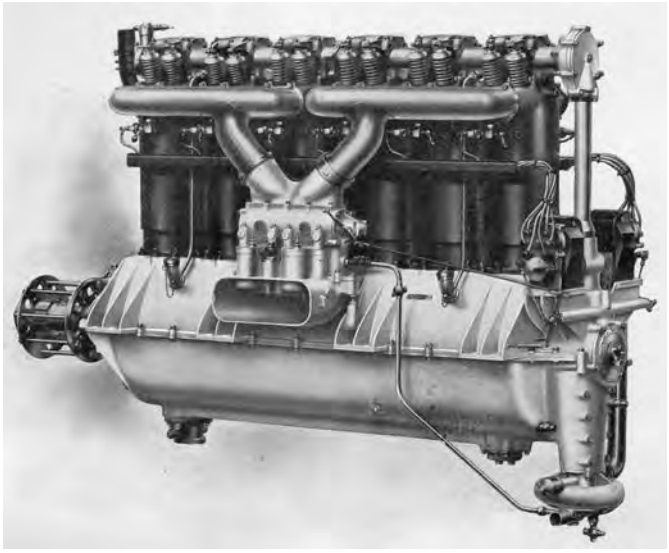


Fig. 7. Vista del motore FIAT A.12bis dal lato dei carburatori.

Procedendo di alcuni anni, nel 1916, la FIAT lanciò un nuovo motore d'aviazione, l'A.12, progettato applicando le tecnologie più moderne a quel tempo disponibili. Era un'unità aeronautica di potenza ragguardevole, 245 CV a 1.700 giri/min, ottenuti con una cilindrata di 21.715 cm³, frazionata in sei cilindri in linea.

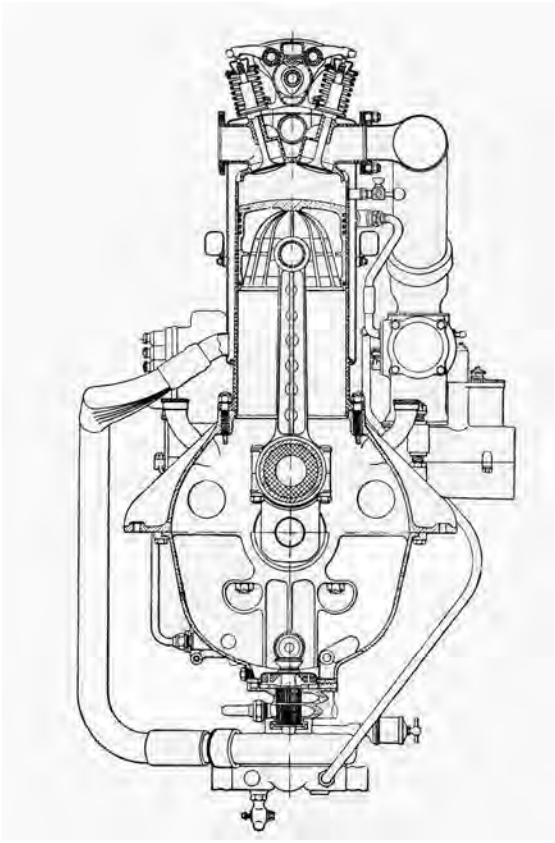


Fig. 8. Sezione trasversale del motore A.12bis.

Nell'anno successivo, una versione migliorata, designata A.12bis (fig. 8), fu caratterizzata da una potenza di 300 CV (14 CV/l) a 1.800 giri/min, ritenuta così competitiva, da far adottare il

motore in molti aerei di costruzione italiana e di paesi alleati, raggiungendo, alla fine della Prima Guerra Mondiale, un volume di produzione di oltre 13.000 unità.

La sigla del motore, con la lettera A, indicava la destinazione del motore, ora costruito da una divisione autonoma della FIAT, la Società Italiana Aviazione; i motori erano però ancora progettati dallo stesso Ufficio Tecnico di un tempo.

Il peso, contenuto in 415 Kg (1,38 Kg/CV), era motivato da una costruzione molto elaborata dei blocchi, come può vedersi dalla sezione del motore, riportata in fig. 8.

Anzitutto, si evidenzia una disposizione delle valvole più razionale che nell'S61, prevedendo sullo stesso lato tutte le valvole con la stessa funzione; in questo modo era semplificato il comando e ridotto il volume delle teste.

I blocchi gemellati in ghisa, del tipo prima in uso, non sarebbero potuti essere ulteriormente alleggeriti. La ghisa, unico materiale adatto per assumere forme così complesse, non poteva essere assottigliata sotto certi valori, a causa della ridotta precisione ottenibile dagli stampi di fonderia in sabbia. Non era neppure possibile ridurre gli spessori con lavorazioni successive, perché molte superfici del blocco non erano accessibili agli utensili. Infine, la modesta resistenza meccanica della ghisa era, essa stessa, causa di spessori abbondanti.

Si pensò allora di impiegare l'acciaio, affrontando le non poche complicazioni che questo materiale presentava nei suoi processi di formatura.

Ogni blocco dell'A.12bis comprendeva un solo cilindro, costruito con un gran numero di parti unite fra loro con saldature autogene, eseguite manualmente.

La canna, in cui scorreva il pistone, era realizzata con un tubo fuso in cera persa, in seguito ancora assottigliato al tornio, fino a raggiungere lo spessore minimo indispensabile. La testa era ottenuta con una calotta, ancora fusa con questa tecnica, che recava i fori e le sedi delle valvole. I condotti di scarico e aspirazione erano costruiti con tubi stampati e curvati di acciaio duttile, come pure il rivestimento esterno, per il contenimento dell'acqua di raffreddamento.

Questo costosissimo sistema di costruzione rimase invariato per circa vent'anni nei motori di elevate prestazioni.

Esistette anche un'applicazione automobilistica alquanto insolita del motore A.12bis, eseguita nel 1923 da Ernest Eldridge, utilizzando un autotelaio FIAT allungato per accogliere l'enorme propulsore. Il risultato finale, la Mefistofele (fig. 9), batté il record assoluto di velocità terrestre nel 1924, con circa 235 Km/h.

Fig. 9. La FIAT Mefistofele del record di velocità del 1924.

Come altri importanti costruttori italiani, anche Lancia ritenne utile studiare motori per aviazione, un prodotto cui si attribuiva un promettente avvenire; anche in questo caso, l'applicazione aeronautica facilitò lo sviluppo di nuove idee, poi trasferite e applicate all'automobile.

Come si è già dichiarato, i motori aeronautici presentavano in modo particolarmente esasperato l'esigenza di raggiungere prestazioni elevate con dimensioni e peso contenuti. La sola crescita della cilindrata unitaria, inizialmente perseguita, non poteva costituire una risposta soddisfacente, per il rilevante aumento delle masse in moto alterno e il loro conseguente effetto negativo sulle sollecitazioni; si richiedeva, quindi, di aumentare anche il numero dei cilindri per ottenere una soluzione più facilmente applicabile.

Erano richiesti motori a otto o dodici cilindri, ma la loro disposizione più semplice, quella in linea, avrebbe condotto a gruppi di lunghezza eccessiva per l'ingombro, e non sufficientemente robusti, per la flessibilità del lungo albero a gomiti che ne derivava; la soluzione più promettente era impiegare motori con cilindri disposti su più bancate.

La soluzione tecnica, individuata nei motori a V, prevedeva l'uso di alberi a gomiti con perni di biella più lunghi, sui quali era possibile infulcrare due bielle, collegate a pistoni collocati in canne opportunamente angolate: l'angolo previsto per ottenere scoppi uniformemente distanziati nella rotazione era 60°, per i motori a dodici cilindri, e 90°, per i motori a otto cilindri.

Tuttavia, i tecnici Lancia ritennero che i motori, che derivavano da questa regola indiscutibile, fossero troppo larghi, soprattutto quelli a otto cilindri e mal si adattassero alle esigenze aerodinamiche della fusoliera.

L'idea che nacque fu geniale e semplice; se i perni di biella, su cui si articolavano le bielle dei cilindri delle due bancate, fossero stati non più allineati ma sfasati di un angolo prestabilito, sarebbe stato possibile ridurre di questo stesso valore l'angolo formato fra le due bancate; questo era il principio del motore a V stretto, per tanti anni emblema tecnologico della Lancia.

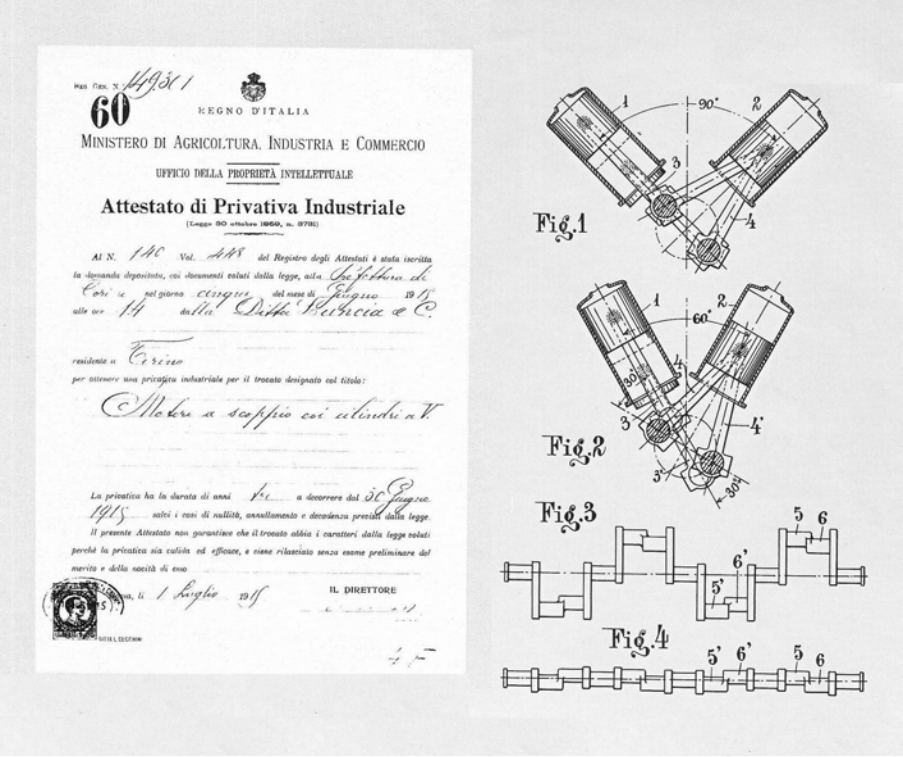


Fig. 10. Il frontespizio del brevetto Lancia sui motori a V stretto.

La fig. 10 mostra una copia del frontespizio del brevetto originale del 1915, con un'illustrazione esemplificativa di come potesse essere realizzato l'albero a gomiti di un motore ad otto cilindri a V, con le bancate angolate di soli 60°, invece dei canonici 90°, pur nel pieno rispetto della regola dell'uniformità nella successione degli scoppi.

La fig. 11 presenta la prima applicazione di questo brevetto ad un motore aeronautico, il Tipo 4, progettato nel 1917. Esso prevedeva dodici cilindri, organizzati in due bancate angolate di 50°; con alesaggio e corsa rispettivamente di 120,7 e 180 mm, si otteneva una cilindrata totale di quasi 25 l, con una potenza dichiarata di 358 CV (14 CV/l) a 1.470 giri/min; il peso del motore era contenuto in circa 350 Kg (circa 1 Kg/CV).

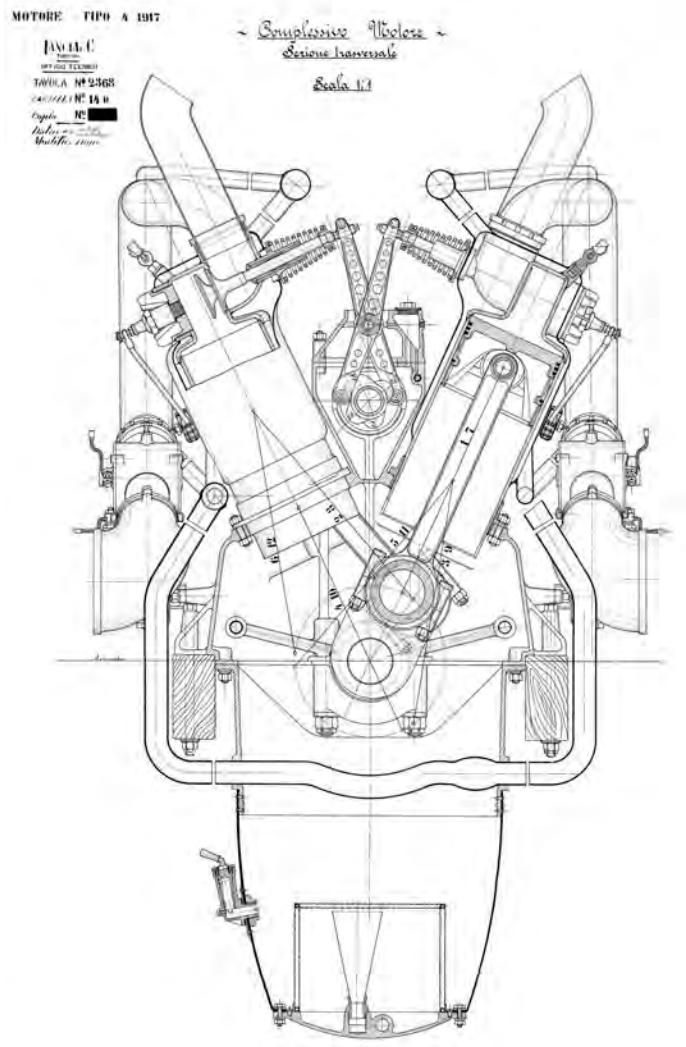


Fig. 11. Motore Lancia d'aviazione Tipo 4.

Il sistema di costruzione dei blocchi era simile a quello dell'A.12bis, anche se con una sistemazione delle valvole meno razionale. Nessuno di questi motori aeronautici fu mai prodotto, ma il brevetto trovò la sua applicazione per molti anni sui motori d'automobile, partendo dalla Trikappa.

Nelle automobili da corsa, i motori di grossa cilindrata furono abbandonati, non senza difficoltà, nel 1914, quando si introdusse un limite di 4.500 cm^3; la nuova tendenza si confermò nel 1921, alla ripresa delle competizioni internazionali dopo la fine della Prima Guerra Mondiale, con un limite ulteriormente abbassato a 3.000 cm^3.

Occorrevano, pertanto, nuovi accorgimenti progettuali che permettessero, da un lato, di controbilanciare la diminuzione di cilindrata con un aumento di giri e, dall'altro, di alleggerire i motori, per rientrare anche nel limite di peso, contemporaneamente imposto dal regolamento.

I motori FIAT della serie 800 furono ispirati a quelli aeronautici; questo fu facilitato dal fatto che, in quegli anni, l'Ufficio Tecnico Studi Speciali aveva assunto il ruolo di centro di ricerca unico sui motori di alta prestazione.

Comparvero, tuttavia, elementi di diversificazione giustificati dall'impiego automobilistico; in questo caso, infatti, era possibile un aumento della velocità di rotazione, non possibile, invece, nel caso del comando diretto di un'elica. Per ottenere un aumento di velocità, era necessario, anzitutto, ridurre la lunghezza dell'albero a gomiti, per diminuirne la flessibilità.

La tecnologia aeronautica, illustrata per l'A.12bis, fu quindi sfruttata non solo per la riduzione di peso, ma anche per l'accorciamento del motore, in considerazione del modesto ingombro di questi blocchi.

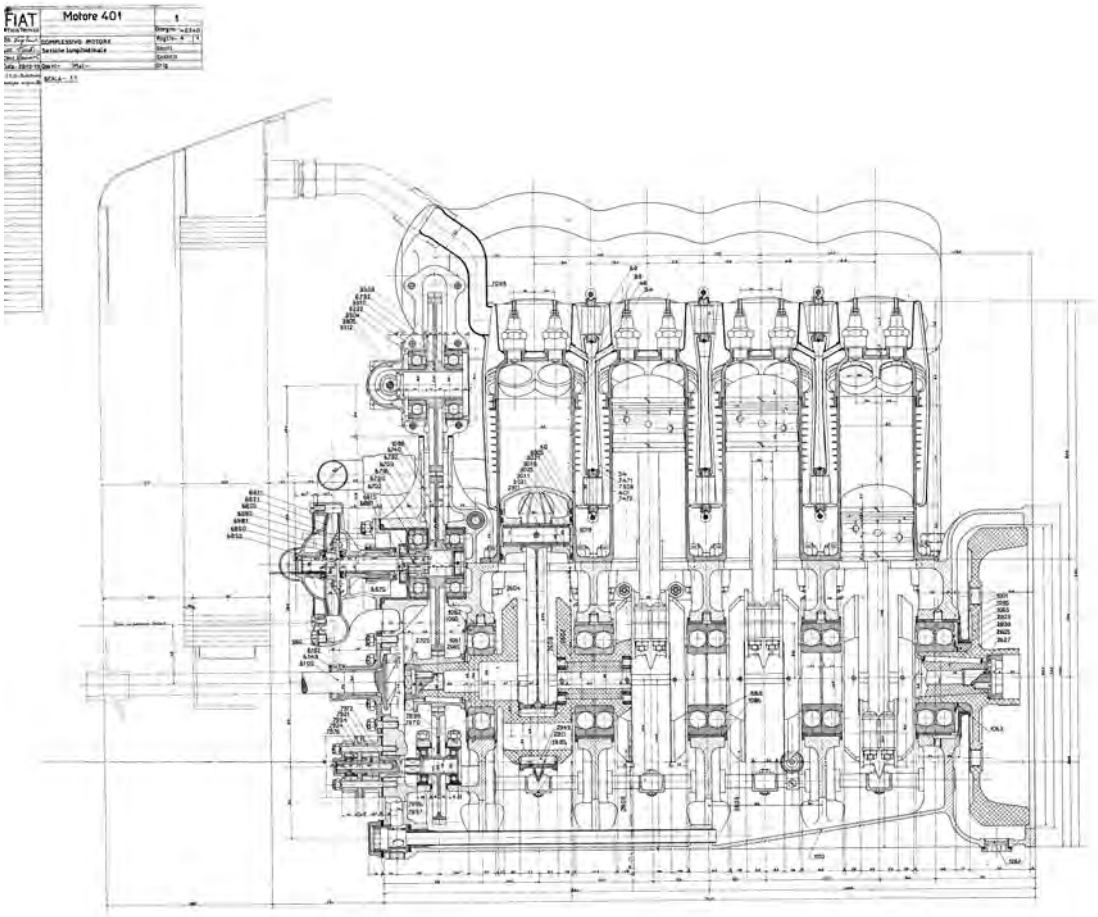


Fig. 12. Motore FIAT 401 per l'automobile 801.

La fig. 12 mostra la sezione trasversale del motore applicato alla FIAT 801; si scelse un frazionamento in 4 cilindri, da 85 mm di alesaggio e 131 mm di corsa.

Ogni cilindro era costruito con un tubo alettato, fuso in cera persa in considerazione dell'esile forma, ridotto per tornitura a 3 mm di spessore; sul cilindro era avvitata la testa, anch'essa in acciaio di spessore ridotto, su cui erano ricavati di pezzo sia le sedi delle valvole sia i relativi condotti. Dopo l'unione di testa e canna, erano saldati, sull'assieme così formato, alcuni sottili fazzoletti di lamiera d'acciaio, in modo da creare le intercapedini per l'acqua di raffreddamento e i passaggi dell'olio.

Tuttavia, per ridurre la lunghezza dell'albero a gomiti, in modo da sfruttare l'accorciamento del blocco, era necessario ridurre coerentemente lo spazio richiesto dai sopporti di banco e dai perni di biella. Ciò fu possibile utilizzando cuscinetti a sfera per tutti i sopporti. Per consentirne il montaggio, l'albero fu costruito con gomiti separati, uniti con perni di trazione e ghiere avvitate, che agivano su dentature frontali, anch'esse importate dalla tecnica aeronautica.

Oltre che a permettere il contenimento della lunghezza dell'albero, l'impiego di cuscinetti a rotolamento contribuiva a ridurre le perdite meccaniche, con beneficio per la potenza erogata di 112 CV (37,3 CV/l) a 4.000 giri/min. Grazie al peso ridotto della vettura (810 kg), era possibile raggiungere la velocità massima di circa 150 km/h. La fig. 13 mostra Ferdinando Minoia alla guida di una 801.

La FIAT 806 del 1927 fu l'ultima espressione di questa generazione di motori, ispirati alla tecnologia aeronautica. In quell'anno, il limite di cilindrata era stato abbassato a 1.500 cm^3; fu per questo fatto anche necessaria la sovralimentazione, altro spin-off della tecnologia aeronautica.

La prestazione ottenuta era di 187 CV (126 CV/l) a 8.500 giri/min. Per raggiungere senza problemi una velocità di rotazione così elevata, le valvole erano richiamate nella posizione di chiusura da sette molle di piccolo diametro, disposte a corona intorno allo stelo. La velocità massima dell'806 raggiungeva 240 km/h.

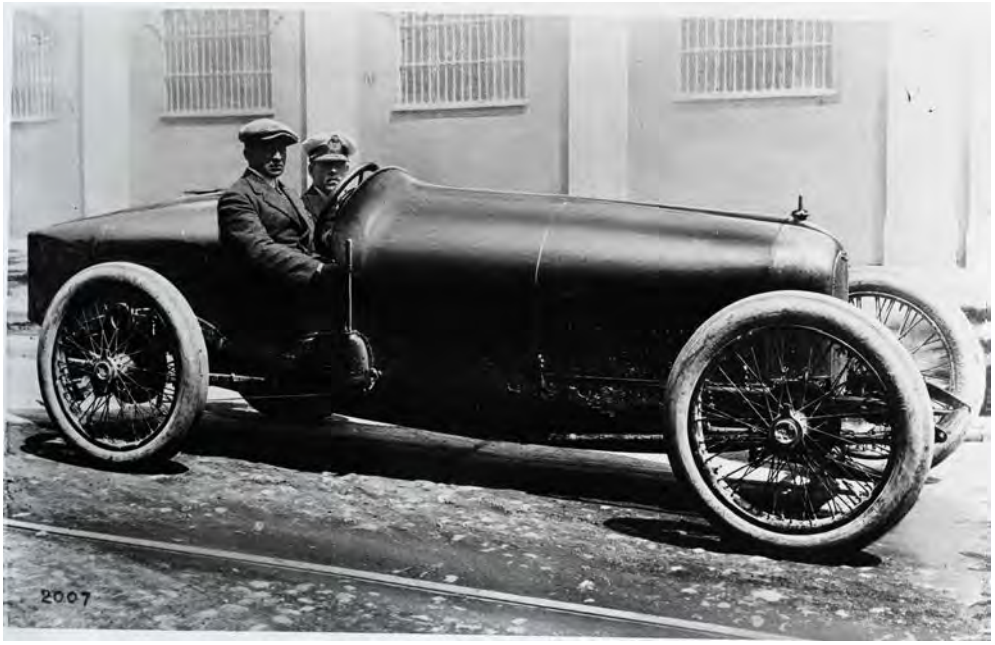


Fig. 13. La FIAT 801 guidata da Ferdinando Minoia.

I punti di contatto fra aerei e automobili non si limitarono a casi simili, ma si estesero anche alle strutture di carrozzeria di molte automobili costruite fra il 1920 e il 1930.

Fig. 14. Ossatura di legno di una carrozzeria torpedo degli anni ’20.

La tecnologia allora applicata per la loro costruzione prevedeva un’ossatura di legno rivestita con pannelli di metallo o legno; la fig. 14 mostra l’ossatura di una carrozzeria torpedo costruita in questo modo.

Scricchiolii e battiti erano presenti talvolta già a vettura nuova; questi erano causati dalla rigidezza di queste ossature, eccessiva se confrontata alla flessibilità del telaio su cui erano montate.

Una soluzione al problema giunse da un sistema di costruzione mutuato dalla tecnica impiegata nelle strutture aeronautiche del tempo, proposto da Charles Weymann nel 1921. Esso comprendeva un’ossatura ancora di legno, ma rivestita da tela impermeabilizzata, riportata su un’imbottitura di fibre tessili. Il risultato estetico era particolare, per forma e aspetto della superficie, come può vedersi dalla FIAT 509 berlina, fotografata in fig. 15.

Fig. 15. FIAT 509 berlina con carrozzeria Weymann.

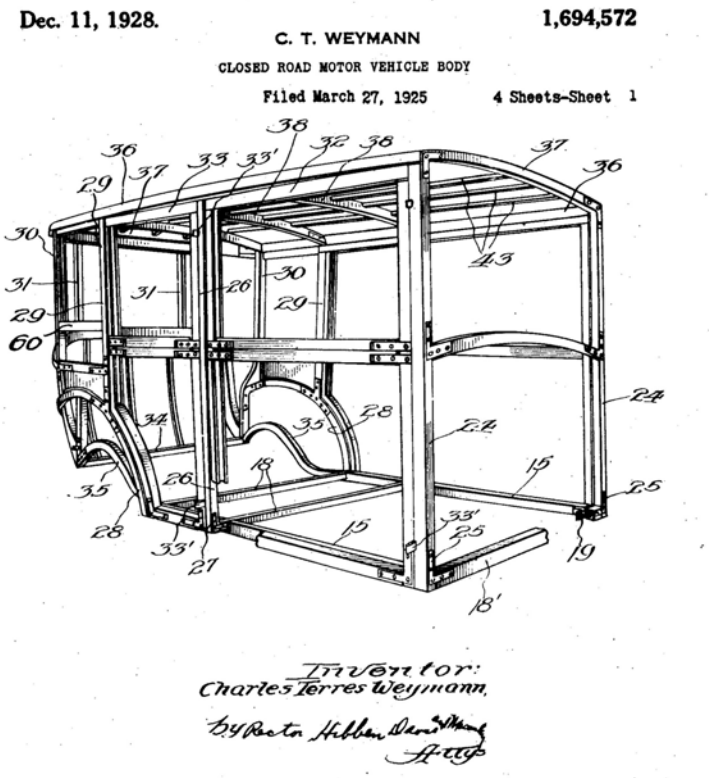


Fig. 16. Illustrazione del brevetto Weymann per la costruzione di carrozzerie silenziose.

Vi erano vantaggi non solo di peso ma anche di comfort, per le aumentate capacità smorzanti e isolanti del rivestimento. L'ossatura, flessibile quanto il telaio su cui era montata, era esente da scricchiolii e battiti, perché costruita con elementi collegati da piastrine avvitate, in modo da evitare contatti diretti fra le parti di legno, come mostra l'illustrazione del brevetto in fig. 16.

Carrozzerie di questo tipo furono prodotte direttamente dalla Weymann e, su licenza, da molti costruttori di automobili.

In ultimo, si cita il caso della FIAT Topolino, non perché abbia utilizzato soluzioni tecniche o materiali aeronautici, ma per essere stata il risultato dell'applicazione di metodi avanzati per la pianificazione e il controllo del peso già in fase d'impostazione.

Nel 1934, la FIAT decise di costruire una vettura di carattere economico, da vendersi al prezzo di 5.000 Lit, ritenuto allora indispensabile per avviare anche l'Italia verso la motorizzazione di massa.

L'obiettivo era, tuttavia, difficilmente raggiungibile. A quel tempo il costo era in gran parte determinato dal materiale impiegato. Da un calcolo elementare, se la Balilla, con 710 kg a vuoto nella versione più semplice, era venduta a 11.250 Lit, un'automobile da 5.000 Lit avrebbe dovuto pesare solamente 315 kg, con espedienti difficilmente identificabili.

Questo compito fu assegnato all'Ufficio Tecnico Motori Avio, ritenuto più competente di quello istituzionale per individuare l'energica cura dimagrante necessaria; furono coinvolti l'ing. Dante Giacosa, allora giovane progettista senza esperienze di automobili, e il responsabile, l'ing. Antonio Fessia.

Il risultato degli studi si materializzò nella 500, lanciata nel 1936 al prezzo di 8.900 Lit. L'obiettivo non fu raggiunto e il peso, pur contenuto in soli 535 kg, confermò l'ineluttabilità della regola delle 16 Lit/kg.

Fig. 17. FIAT Topolino A del 1936.

Si trattava di una berlina minima a due porte, con due posti e lo spazio per qualche piccola valigia. Allo scopo di contenere il peso, la forma particolare della carrozzeria, che appare in fig. 17, fu sviluppata studiando uno stile che riducesse al minimo la superficie di lamiera necessaria per la sua costruzione.

Numerosi altri accorgimenti furono messi in opera; fu studiato un telaio traforato, più corto del passo della vettura; il motore, a due soli sopporti, era montato a sbalzo sulla sua estremità anteriore, come la sospensione posteriore sull'altra estremità, come può vedersi dallo spaccato in fig. 18.

Per risolvere il problema posto dall'assenza di strutture nelle parti terminali, il compito di sostenere il pavimento posteriore, dietro i sedili, fu assegnato al guscio, impiegato per formare la coda della carrozzeria (fig. 19). Nella parte anteriore, il radiatore fu istallato sulla traversa del motore; la stessa fu impiegata per sostenere anche il cambio e la sospensione. Anche la sua forma circolare fu forse ispirata a quella dei sopporti dei motori a stella (fig. 20).

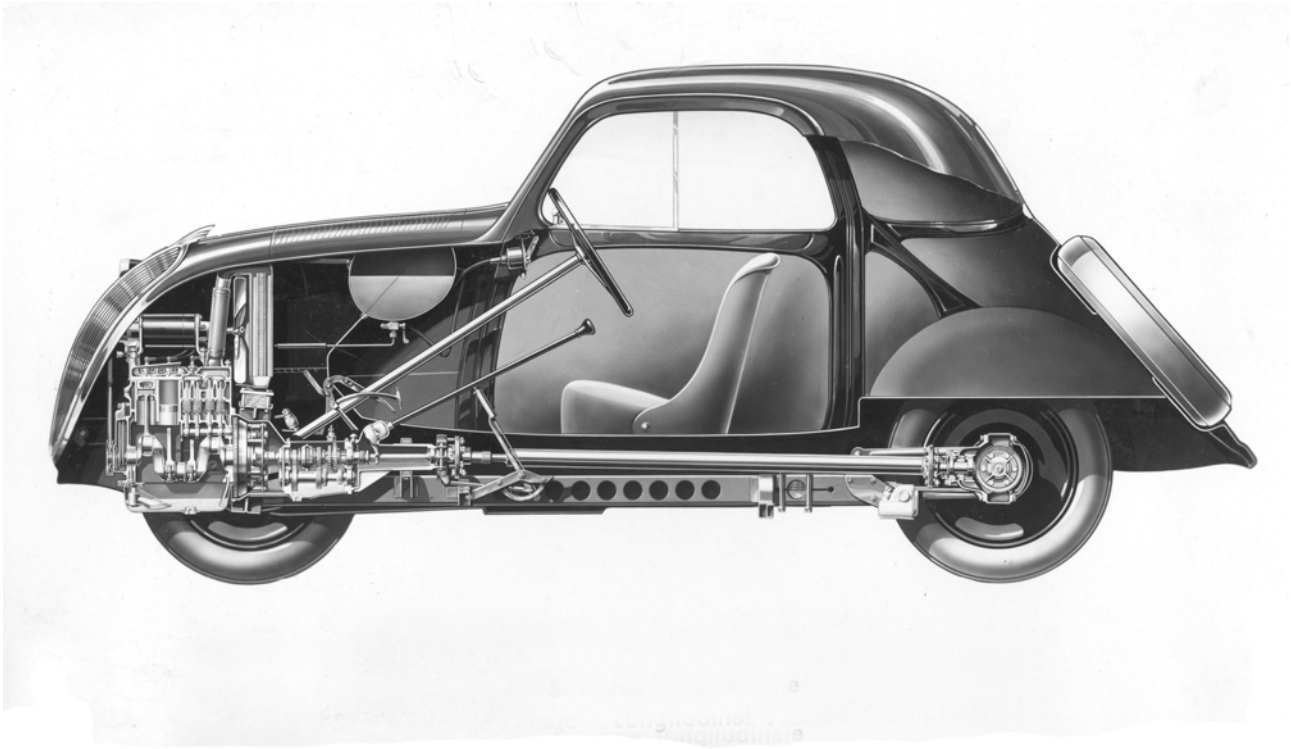


Fig. 18. Spaccato della Topolino A.

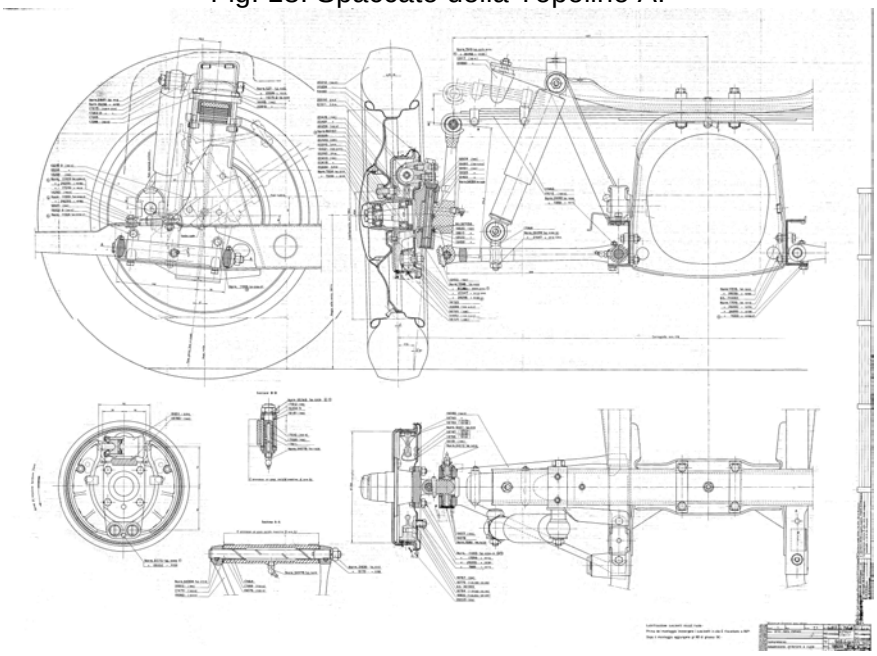


Fig. 19. Particolare della traversa anteriore.

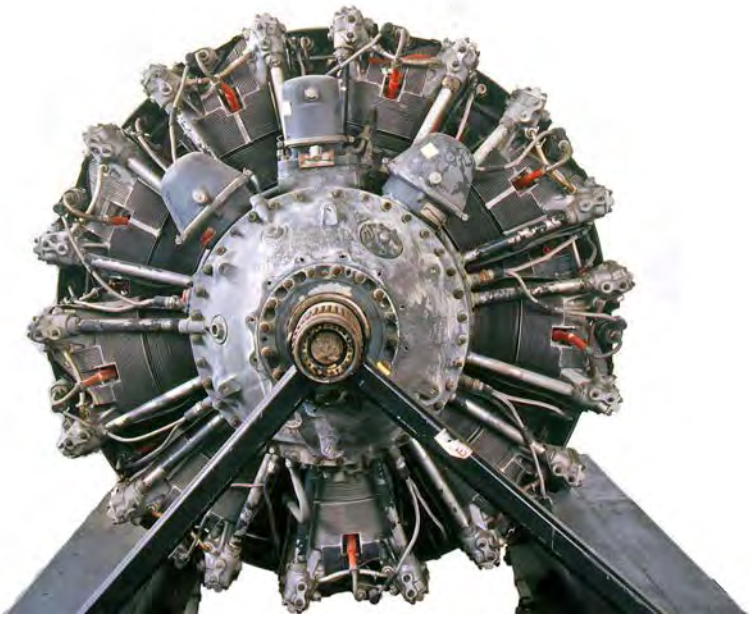
L’elevata posizione del radiatore, così ottenuta, facilitò anche la circolazione a termosifone, rendendo superflua la pompa dell’acqua, e consentì una forma anteriore spiovente, secondo i canoni dell’aerodinamica; il ventilatore, di conseguenza, fu sistemato sulla parte posteriore del motore, comandato dallo stesso albero della dinamo.

È raro trovare esempi migliori d’integrazione di più funzioni in un solo elemento.

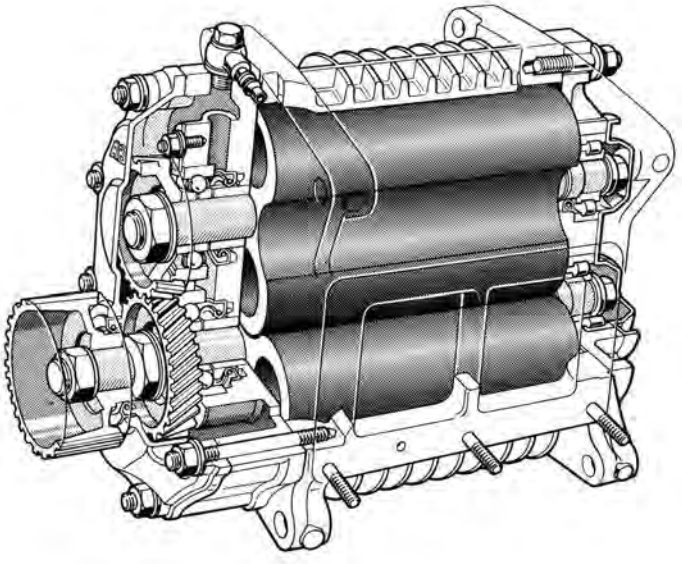
TRAVASI TECNOLOGICI DAL SETTORE AERONAUTICO A QUELLO AUTOMOBILISTICO

Relatore ing. Massimo Clarke

Nel mondo del motorismo si parla spesso di soluzioni tecniche e di materiali ripresi dal settore aeronautico, e questo fin dai primi anni del XX secolo. In effetti la ricaduta tecnologica da tale campo è stata di notevole portata, anche se in alcuni casi è stata un po' troppo enfatizzata, come del resto accade tuttora. La ricerca e la sperimentazione che sono state effettuate in tale campo sono di portata straordinaria e in ampia misura sono state sostenute direttamente dagli stati, con ingenti stanziamenti e con creazione di appositi enti con relative strutture. Basta pensare alla odierna NASA, diretta discendente della NACA, e alla tedesca DVL, attiva fino agli anni della Seconda Guerra Mondiale e di importanza certamente non minore. Dietro tutto questo c'erano come ovvio interessi militari, il che spiega l'entità degli sforzi compiuti e degli investimenti effettuati.

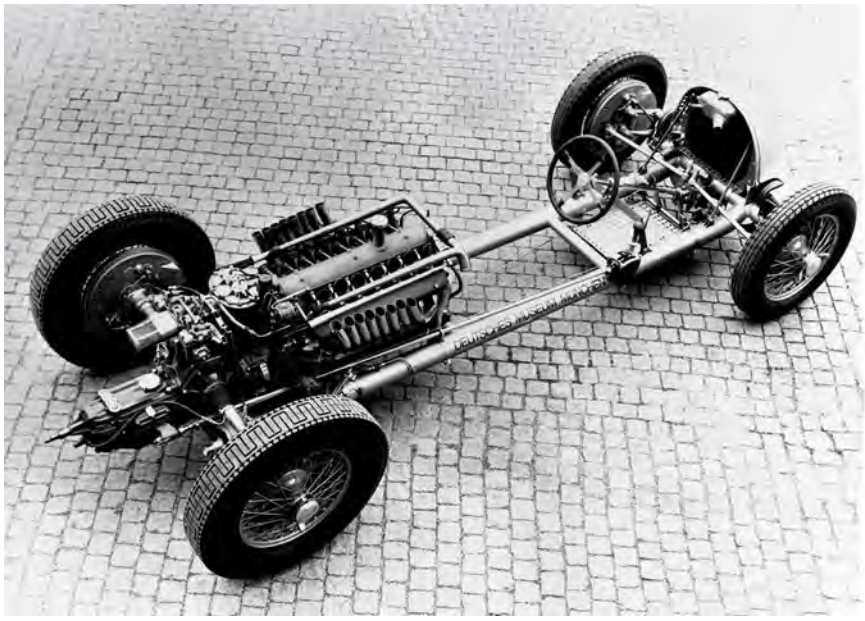


Alcune soluzioni tecniche sono state sviluppate specificamente per essere utilizzate sugli aerei mentre altre sono nate in settori differenti ma sono state adottate e sviluppate principalmente, se non esclusivamente, in campo aeronautico per diffondersi successivamente, a diversi anni di distanza, sulle auto.

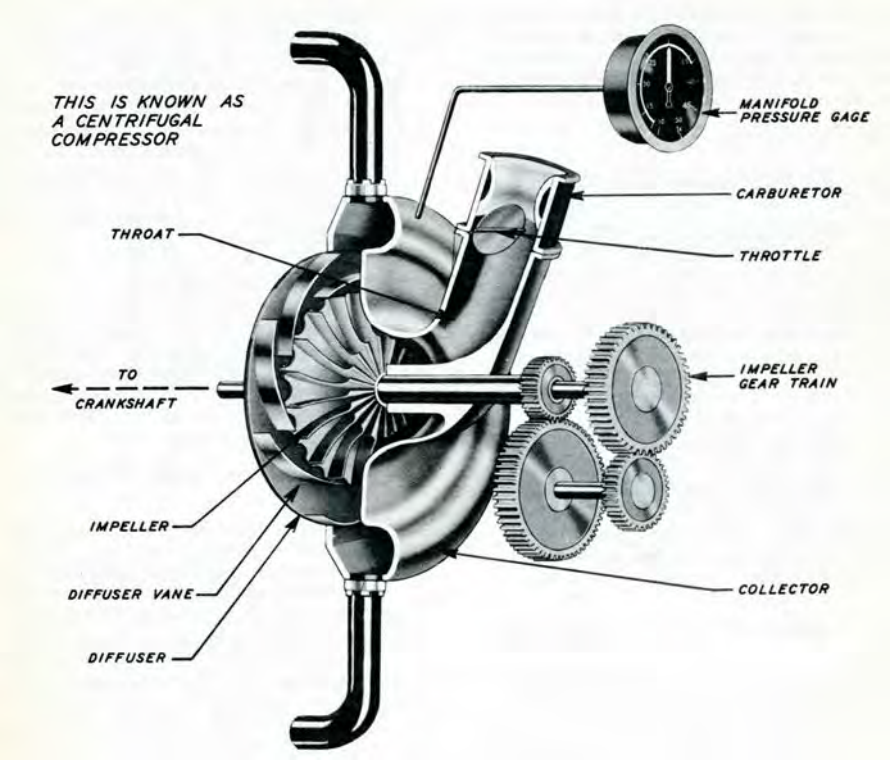


È questo ad esempio il caso della sovralimentazione con compressore a comando meccanico che è stata originariamente pensata per motori automobilistici e ha visto alcune realizzazioni pionieristiche proprio in tale campo ma è stata studiata e sviluppata seriamente negli anni della Prima Guerra Mondiale, arrivando ad avere significativi impieghi pratici, proprio sugli aerei. A spingere l'impegno in questa direzione era l'esigenza di trovare un sistema per compensare il drammatico calo delle prestazioni che avveniva all'aumentare della quota, a causa della sempre minore densità dell'aria.

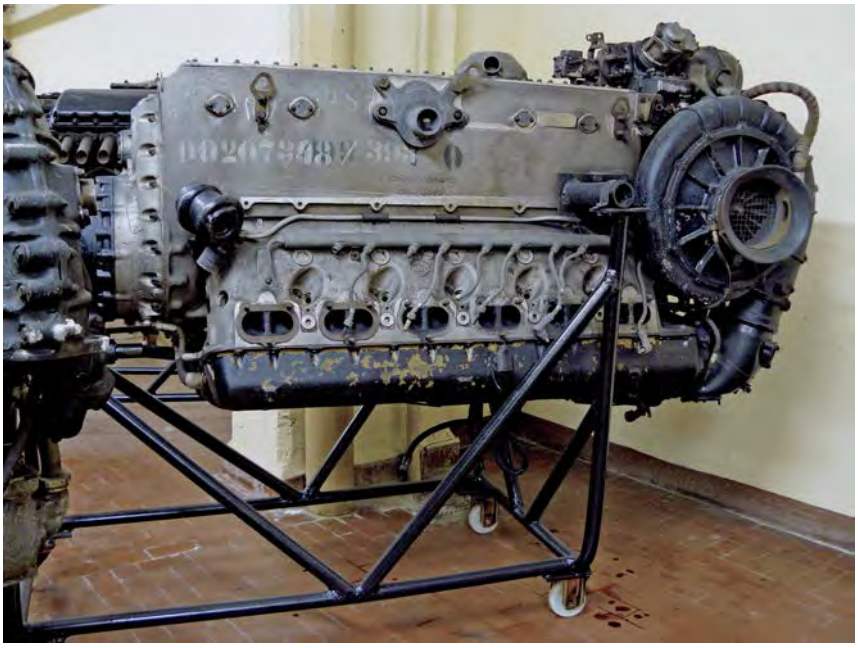
Il famoso compressore volumetrico Roots è nato nel 1860 come pompa dell'aria per le miniere. Nel corso degli anni Venti e Trenta ha avuto una grande diffusione sulle vetture da competizione ed è stato adottato anche su vari modelli di serie; prima che venisse impiegato sulle automobili però è stato provato, sviluppato e utilizzato in campo aeronautico. Ciò è avvenuto soprattutto in Germania, a partire dal 1915 circa, con impiego di serie nel 1917 sul Mercedes D IV. Per quanto riguarda invece l'adozione sulle auto, si è dovuto attendere il 1921, con la presentazione al Salone di Berlino di due modelli Daimler sovralimentati. Nel 1922 una Mercedes con compressore Roots ha vinto la propria classe alla Targa Florio e per le auto da competizione è stato l'inizio di una nuova era, quella della sovralimentazione.



Differente è stata la storia dei compressori centrifughi a comando meccanico. La prima idea di realizzare un dispositivo di questo genere e di utilizzarlo per sovralimentare un motore automobilistico pare sia stata del grande Louis Renault, che sul finire del 1902 ne ha ideato e brevettato uno. Il primo impiego pratico è arrivato nel 1907 per merito dell'americano Lee Chadwick, che l'anno successivo si è imposto in una importante corsa in salita, riportando la prima vittoria di una vettura sovralimentata. Fino al 1911 la sua piccola azienda ha costruito 260 automobili con questo tipo di compressore, che però ha avuto la sua consacrazione solo in campo aeronautico, ove è arrivato a dominare a lungo la scena.

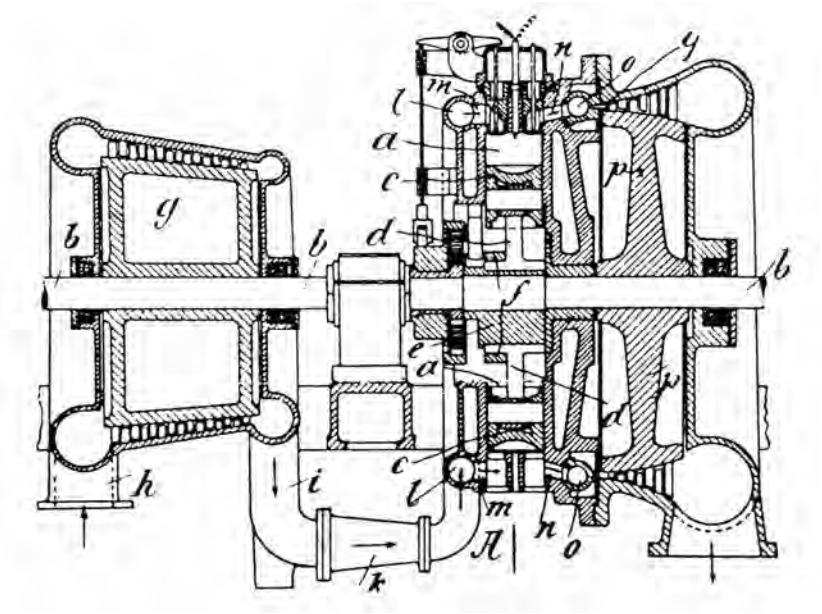


Costruire un compressore centrifugo davvero efficiente non è facile e ha richiesto un considerevole impegno e non poco tempo. I tecnici del settore però hanno ben presto compreso che un dispositivo di questo tipo era senz'altro il più adatto per sovralimentare i motori d'aviazione (che funzionano a regime pressoché costante). Grande sostenitore dei compressori centrifughi, nel periodo pionieristico, è stato l'americano Sanford Moss, che ha effettuato le prime prove di un loro impiego nel 1917 su di un motore Liberty, adattandone uno prodotto dalla General Electric per uso industriale.

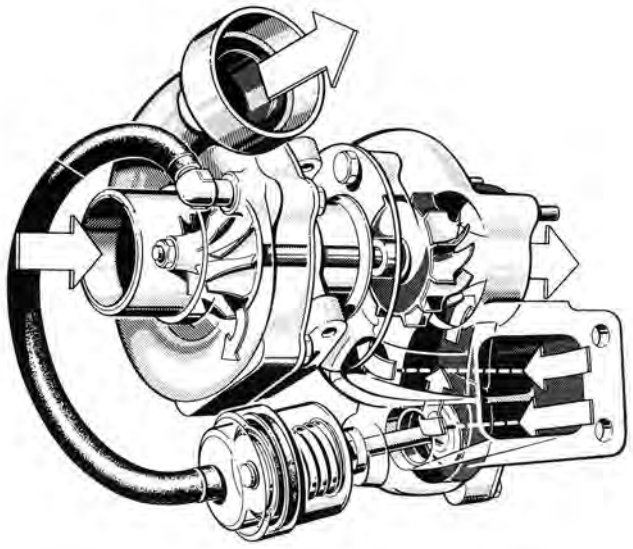


Dopo il termine della Prima Guerra Mondiale il lavoro su questi dispositivi è proseguito e nel 1926-27 è arrivata l'adozione in serie da parte della Wright e della Bristol. Nel frattempo, grazie alla consulenza di Moss, la Duesenberg ha realizzato un compressore centrifugo che le ha consentito di vincere a Indianapolis nel 1924. Negli USA si correva principalmente sugli ovali e non su circuiti tortuosi come quelli europei. Non avevano luogo continue e repentine variazioni di regime e di carico; i compressori centrifughi risultavano quindi decisamente adatti alle vetture che gareggiavano su tali piste e infatti in America sono stati a lungo protagonisti. In Europa si impiegavano invece quelli a lobi (Roots) e quelli a palette. Anche alcune vetture di

serie costruite negli USA sono state dotate di un compressore centrifugo. Basta ricordare la Duesenberg e la Studebaker.

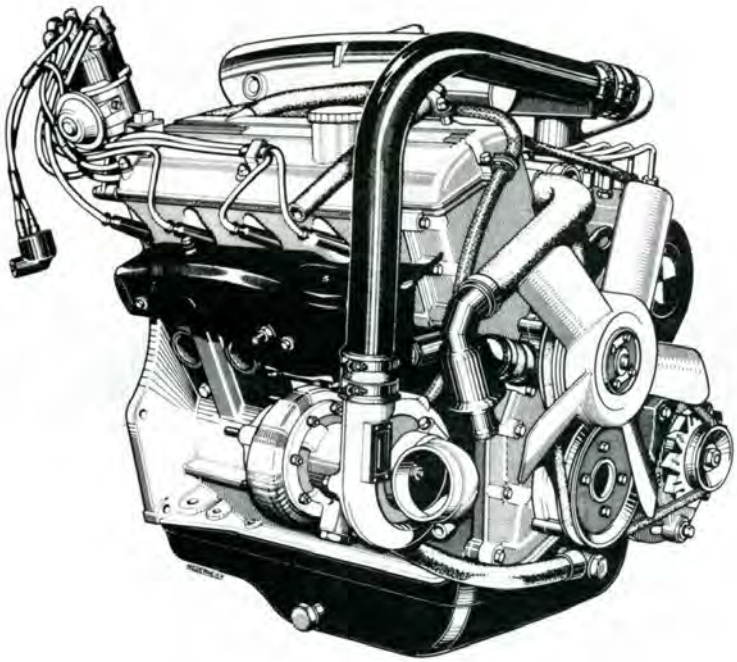


La storia del turbocompressore è iniziata nel 1905 quando lo svizzero Buchi ha brevettato il primo dispositivo di questo tipo. L'idea di realizzare un dispositivo che consentisse di recuperare parte della energia che usciva dal motore assieme ai gas di scarico e di utilizzarla per sovralimentare il motore era eccellente e ha sollevato ben presto notevole interesse. Nei primi anni Dieci sono state compiute varie esperienze presso la Sulzer su motori a gasolio e nel 1925 si è avuta la prima applicazione pratica, su un paio di motori navali, seguita diversi anni dopo da alcuni impieghi sui locomotori e nel 1938 dal primo esempio di utilizzazione di un turbocompressore su di un veicolo industriale da parte della Saurer. Perché gli autocarri con motore turbo iniziassero a diffondersi sarebbe stato però necessario attendere ancora molti anni.

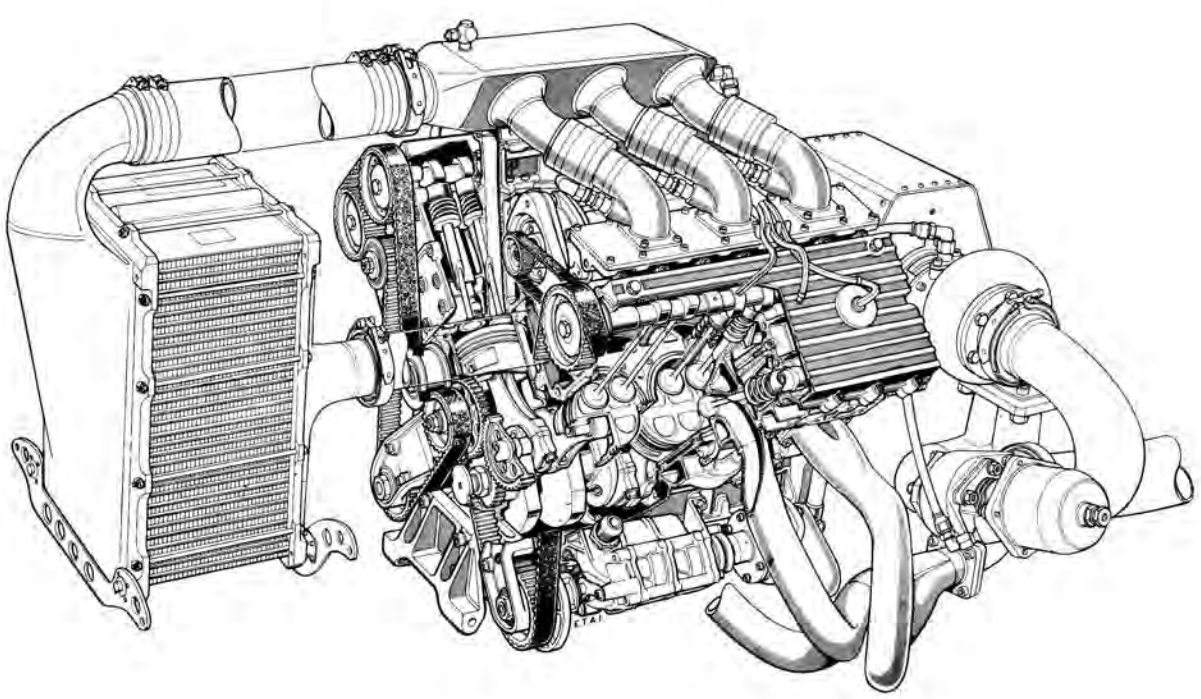


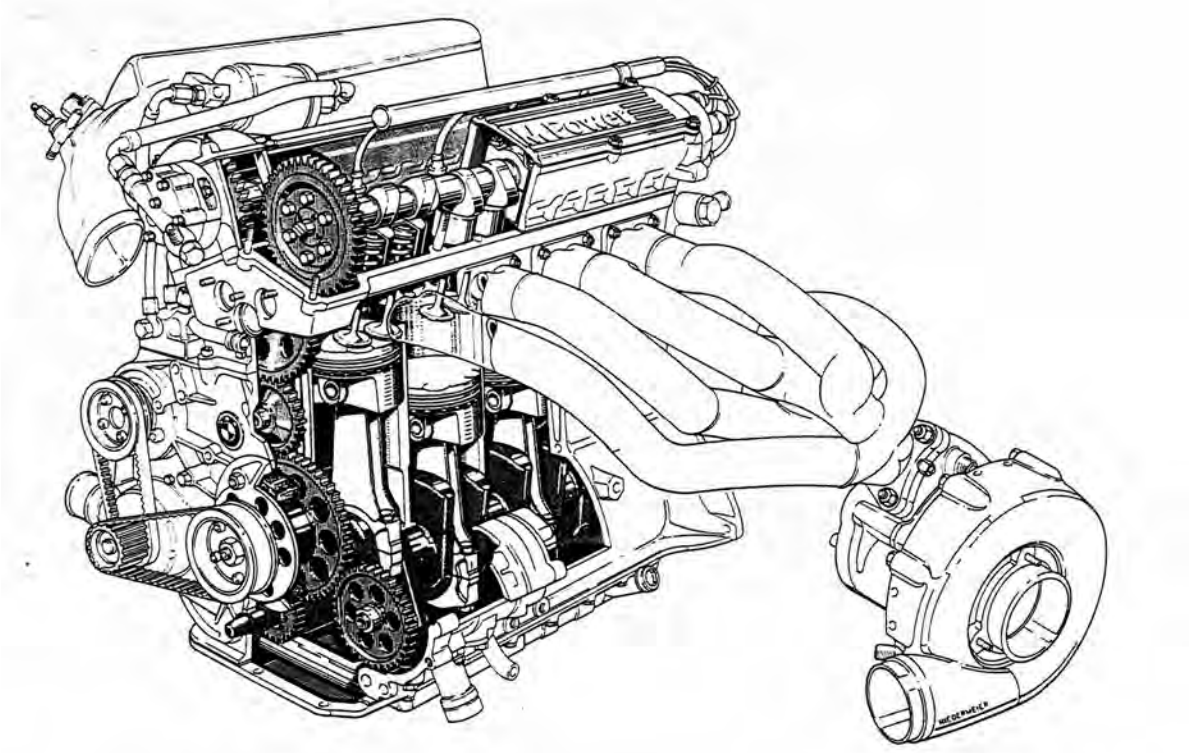
In tutti questi casi i motori erano invariabilmente ad accensione per compressione. I diesel infatti si sposano assai bene con i turbocompressori per via della temperatura dei gas di scarico relativamente contenuta; a ciò si aggiunge il fatto che non esiste il rischio di incappare nella detonazione.
Ben diverso è il caso dei motori ad accensione per scintilla, nei quali i gas combusti escono dai cilindri con temperature molto più elevate. Proprio questo ha causato seri problemi e ha reso difficoltoso e lento lo sviluppo dei turbocompressori, nonostante i grandi sforzi dei tecnici e i notevoli investimenti compiuti nel settore aeronautico. A quello automobilistico si sarebbe pensato solo vari decenni dopo, anche se è giusto ricordare un interessante tentativo di impiegare questo tipo di sovralimentazione da parte dell'inglese Halford su un motore da competizione da lui realizzato nel 1923, rimasto peraltro senza seguito.

Il primo a realizzare un turbocompressore destinato a un motore d'aviazione (che ovviamente era a ciclo Otto) è stato il francese Rateau nel 1917; le prove da lui compiute hanno fornito risultati promettenti, ma hanno anche evidenziato impressionanti problemi di affidabilità. Il suo lavoro è stato rapidamente ripreso dagli americani, con la General Electric e il dottor Moss in prima linea. Nei primissimi anni Venti sono iniziate le loro prove sugli aerei (prima era stato impiegato il solito motore Liberty, in un banco appositamente allestito in alta montagna) e sono emersi grossi problemi di durata, affidabilità e, per quanto riguarda il motore, di detonazione. A superare le difficoltà di raffreddamento della turbina ha collaborato anche il celebre Charles Fayette Taylor del MIT. I progressi, che hanno interessato soprattutto i materiali impiegati per le turbine, si sono protratti per diversi anni e han consentito di adottare il turbocompressore (rivelatosi ideale per le quote particolarmente elevate) su vari aerei da combattimento a partire dagli ultimi anni Trenta. Per l'impiego in campo auto si sarebbe però dovuto attendere ancora a lungo.
Le prime vetture di serie a impiegare il turbocompressore sono state la Oldsmobile Jetfire F 85 Turbo Rocket con motore V8 e la Chevrolet Corvair Spider, apparse nel 1962. Nessuna delle due ha avuto un successo degno di nota. Sulle auto da competizione questo dispositivo è comparso nel 1966 a Indianapolis, impiegato per sovralimentare il quattro cilindri Offenhauser; la vittoria è arrivata due anni dopo, facendo iniziare l'era turbo negli USA. In Europa hanno focalizzato le loro attenzioni sui turbocompressori la Porsche e la BMW.



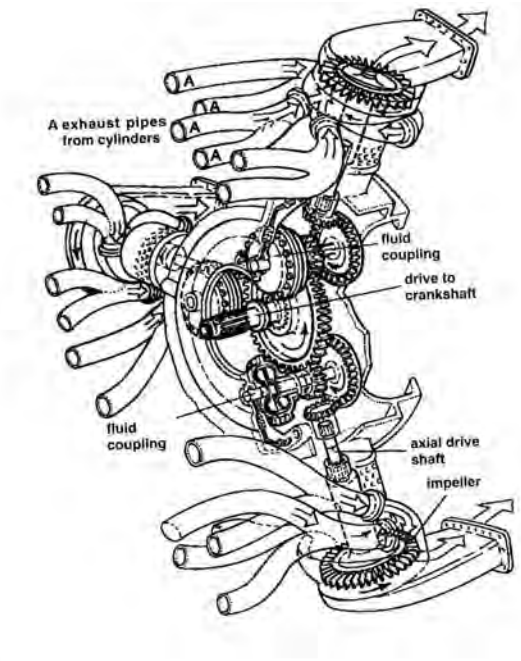
La prima ha impiegato questo tipo di sovralimentazione sulla straordinaria 917 Turbo che ha dominato il campionato Can-Am nel 1972-73, arrivando a erogare 1100 cavalli in assetto di gara. Per quanto riguarda le auto di serie, la BMW ha messo in produzione di serie la 2002 Turbo nel 1973 e la Porsche ha presentato la 911 Turbo l'anno successivo. L'era turbo è iniziata a Le Mans nel 1976 con la vittoria della Porsche 936 e in Formula Uno nel 1979 con la vittoria della Renault nel GP d'Inghilterra (la vettura sovralimentata della casa francese aveva esordito due anni prima). Il primo mondiale conquistato con una monoposto dotata di motore turbo è stato quello del 1983, per merito della Brabham BMW.



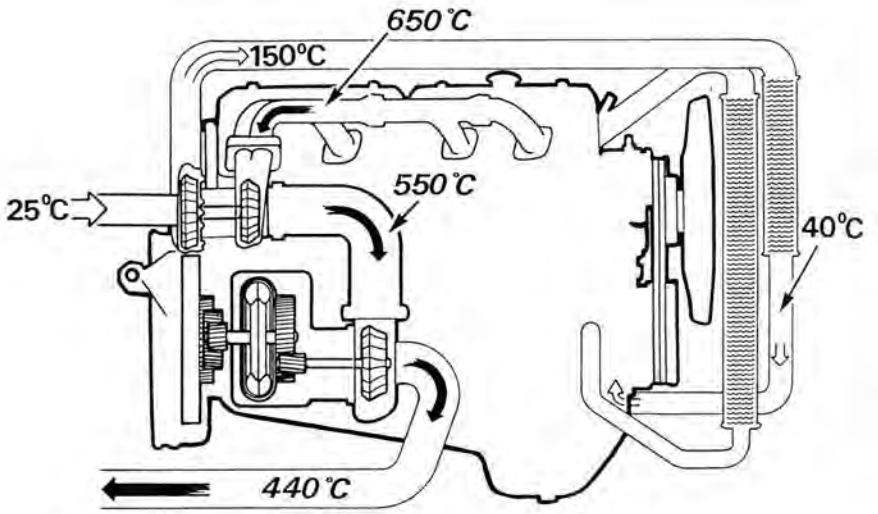


Merita un accenno anche la soluzione turbocompound, sviluppata in ambito aeronautico dalla Wright, che poco dopo il termine della seconda guerra mondiale ha messo in produzione il suo R-3350 Turbo Compound

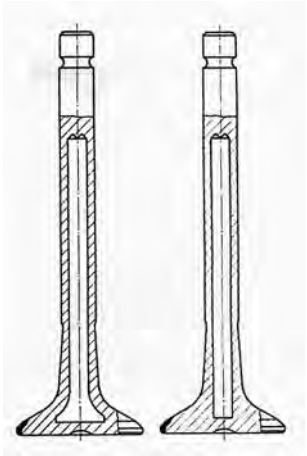
a 18 cilindri dotato di tre turbine azionate dai gas di scarico che inviavano energia meccanica all'albero a gomiti, al quale erano collegate per mezzo di ingranaggi di riduzione e di giunti idraulici.



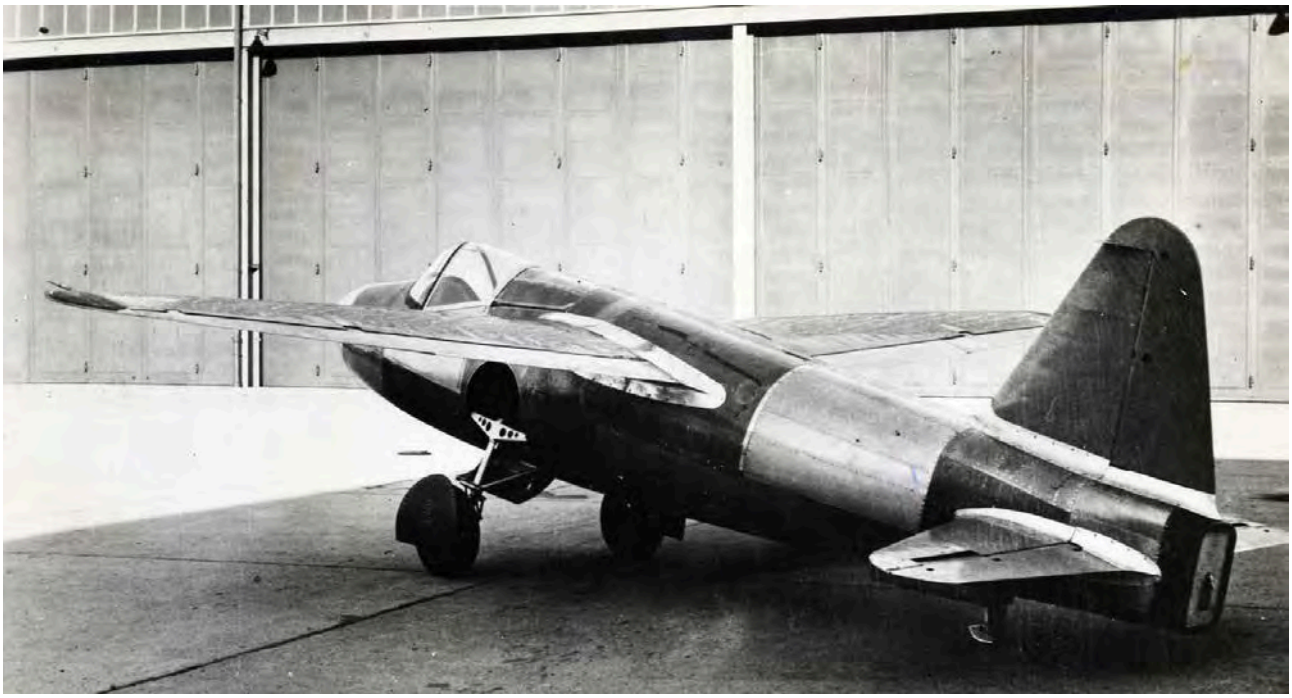
Questo motore è arrivato ad erogare oltre 3000 CV, dei quali 400 erano forniti dalle tre turbine, con un consumo specifico dell'ordine di soli 175 g/CV h. Prodotto in circa 11.000 esemplari, questo grande stellare ha equipaggiato velivoli come i Lockheed Super Constellation e il Douglas DC 7. In campo automotive il sistema turbocompound è stato ripreso alcuni anni fa dalla Scania per un suo motore di autocarro a sei cilindri, ovviamente a ciclo Diesel, nel quale una seconda turbina, opportunamente collegata all'albero a gomiti, è piazzata a valle del turbocompressore.



A consentire la realizzazione di turbocompressori affidabili e con una elevata durata ha contribuito in larga misura lo sviluppo di materiali adatti a lavorare impunemente ad altissime temperature.
Di questa ricerca in campo in metallurgico hanno parallelamente beneficiato, fino ai primi anni Quaranta, tanto le giranti delle turbine quanto le valvole di scarico dei motori a pistoni. Dagli acciai per utensili si è passati a quelli austenitici e poi, per applicazioni via via più gravose nel caso delle valvole (conseguenza in larga misura della sovralimentazione sempre più spinta), alle superleghe a base di nichel. Queste ultime sono state fondamentali per realizzare turbine con rendimenti, affidabilità e durate maggiori.
I primi acciai austenitici per le valvole di scarico (che lavorano a una temperatura di gran lunga più elevata di quella delle valvole di aspirazione) sono stati messi a punto dalla Krupp attorno alla metà degli anni Dieci del secolo scorso.
Nel corso della prima guerra mondiale notevole impiego ha avuto sui motori d'aviazione il V2A, contenente elevate quantità di cromo e nichel. Molto conosciuto, in quanto ampiamente riportato nella letteratura tecnica inglese, e largamente impiegato fino agli anni Sessanta è stato l'acciaio KE 965, messo a punto dalla Kayser-Ellison nella prima metà degli anni Venti e corrispondente alla specifica DTD 49 emessa dall'Air Ministry britannico. Questo materiale pare sia stato impiegato in una moto da competizione prima di venire adottato e di diventare di uso pressoché universale in campo aeronautico; alle moto e alle auto sarebbe tornato in seguito, e in grande stile. Alla fine degli anni Trenta nei motori d'aviazione, tanto americani quanto tedeschi e inglesi, le valvole di scarico venivano realizzate in un acciaio austenitico che conteneva dal 13 al 15% di Cromo, dal 12,5 al 14% di nichel e dal 2 al 4% di tungsteno; la quantità di carbonio presente andava dallo 0,4 allo 0,5%. Il famoso Reex della Cogne aveva una composizione molto simile: solo la quantità di cromo era leggermente minore (11%).
Con l'adozione generalizzata della sovralimentazione le valvole di tipo tradizionale a un certo punto non si sono più rivelate alla altezza della situazione. Le sollecitazioni termiche stavano diventando via via maggiori e occorreva pertanto impiegare un materiale in grado di lavorare a temperatura più alta o trovare un sistema che consentisse alle valvole di smaltire più agevolmente la quantità di calore sempre maggiore con la quale avevano a che fare.



Intensi studi e prolungate sperimentazioni hanno portato allo sviluppo di valvole che per asportare il calore dal fungo utilizzavano in larga misura l'effetto shaker, ottenuto grazie a una sostanza liquida introdotta nello stelo, che era ovviamente cavo. Tanto in Germania quanto negli Stati Uniti nei primi anni Venti sono state così realizzate valvole di scarico nelle quali l'interno dello stelo veniva introdotta una certa quantità (che occupava all'incirca il 60% del volume disponibile) di mercurio, di sali di sodio o di sodio metallico, che fonde a 97,8 °C e quindi è liquido durante il funzionamento del motore. Alla fine è stato quest'ultimo a dare i risultati migliori e ad ottenere di conseguenza la maggiore diffusione. In Germania comunque sono state discretamente impiegate anche valvole di scarico contenenti mercurio. Grandi pionieri della ricerca in questo campo sono stati Ferdinand Porsche nel periodo in cui era direttore tecnico alla Daimler e Sam Heron negli USA.
Nel corso degli anni Trenta in campo aeronautico la diffusione di queste valvole di scarico di questo tipo si è via via generalizzata.
Sulle auto da competizione, nonostante l'impiego della sovralimentazione, le condizioni di lavoro delle valvole di scarico erano rese meno gravose dall'impiego di carburanti con forte tenore di alcol, che come noto ha un calore latente di evaporazione molto alto. Di conseguenza nello stesso periodo le valvole al sodio hanno trovato un impiego relativamente limitato; le hanno impiegate infatti solo alcuni motori da Gran Premio dalle prestazioni particolarmente elevate.
Nelle valvole di scarico normali la grande maggioranza del calore assorbito dalla valvola viene asportato tramite il contatto tra il fungo e la sede; la guida provvede a smaltire solo il 20% circa del calore assorbito. Passando da una valvola di tipo convenzionale a una al sodio la temperatura massima del fungo può diminuire di oltre 100 °C. L'evoluzione dei procedimenti di fabbricazione ha reso possibile anche la realizzazione di valvole al sodio con la cavità interna che non interessa solo lo stelo ma si estende anche a parte del fungo. L'abbassamento di temperatura ottenibile in quest'ultimo caso naturalmente è ancora maggiore.
Nei motori automobilistici di serie le valvole al sodio hanno avuto per anni un impiego piuttosto limitato. Di recente però la loro diffusione è fortemente aumentata per via del sempre più esteso ricorso ai turbocompressori, con pressioni di sovralimentazione spesso assai elevate.



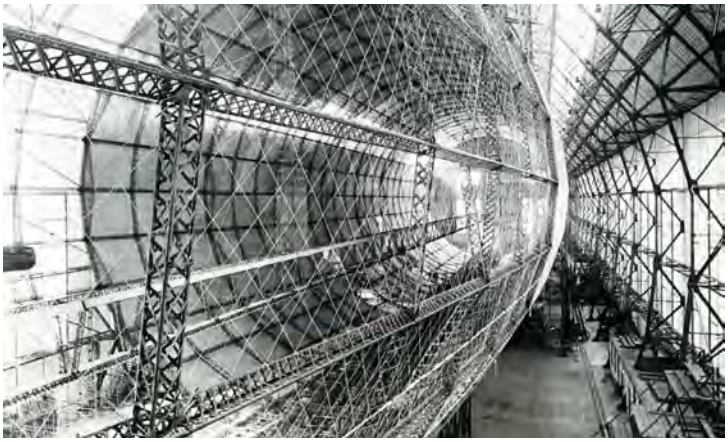
Sui motori a reazione per impiego aeronautico si è iniziato a lavorare più o meno contemporaneamente in Germania e in Inghilterra, attorno alla metà degli anni Trenta. Pionieri in questo campo sono stati i tecnici Hans Pabst von Ohain e Frank Whittle. Il primo aereo azionato da un motore a reazione è stato lo Heinkel He 178, che ha compiuto il primo volo il 27 agosto del 1939 dando inizio all'era dei velivoli a getto. Gli inizi sono stati laboriosi e hanno messo in luce notevoli difficoltà, in particolare per quanto riguardava la realizzazione di turbine in grado di lavorare a temperature molto elevate senza problemi di affidabilità e di durata. Gli sforzi compiuti in campo metallurgico sono stati cospicui e hanno portato alla adozione, ben presto generalizzata, delle cosiddette superleghe. Alcune di esse per la verità esistevano già (anche se da poco tempo), in quanto sviluppate per i turbocompressori, ma altre sono nate proprio per i motori a reazione.

La famiglia delle Stelliti, costituite principalmente da cobalto e cromo, è nata negli anni dieci del XX secolo per realizzare utensili per tornitura. Nei primi anni Trenta la Stellite 6, che si prestava molto bene alla realizzazione di parti di piccole dimensioni ottenute mediante fusione a cera persa, veniva impiegata in odontoiatria, prima che si iniziasse a provarla, con esiti non molto positivi, per le turbine dei turbocompressori. Migliori risultati sono stati ottenuti sul finire del decennio con la successiva Stellite 21, al punto che essa è stata rapidamente impiegata dalla General Electric per i suoi turbo, con il nome di Vitallium.

Per le palette delle turbine dei motori a reazione, dopo un adeguato periodo di sviluppo e di prove, all'inizio degli anni Quaranta è entrata in produzione una superlega a base di nichel (oltre il 70%) denominata Nimonic 80A. Derivava da una lega termoresistente, denominata Nichrome e costituita da nichel (80%) e cromo (20%), che si impiegava in alcuni forni industriali. Non aveva caratteristiche meccaniche adeguate ma sul finire degli anni Trenta è stata modificata opportunamente diventando ideale per l'impiego nelle turbine. E successivamente anche per le valvole di scarico dei motori auto e motociclistici più sollecitati, dove viene tuttora largamente impiegata. Un altro ottimo materiale a base di nichel è l'Inconel (con questo termine in effetti, come avviene per Nimonic, si indica una intera famiglia di superleghe), disponibile verso la fine degli anni Trenta.

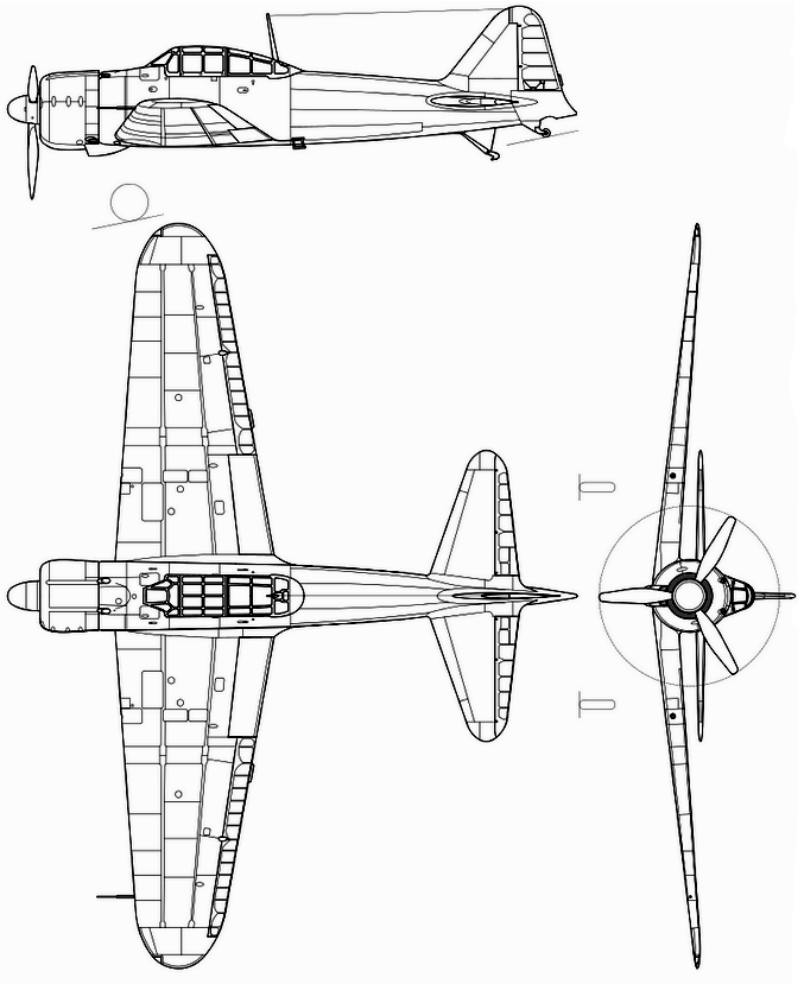
L'alluminio ha una densità che è solo un terzo di quella degli acciai. Non appena sono state realizzate le prime leghe di questo metallo con caratteristiche adeguate il settore aeronautico ha logicamente iniziato a considerarle con grande interesse. Ad Alfred Wilm si devono la prima, tra le leghe da lavorazione plastica che oggi formano la serie 2000, e il trattamento di bonifica, costituito dalla tempra di solubilizzazione seguita

da invecchiamento. Per inciso denominazioni divenute popolari come Duralluminio, Dural e Duralite non sono dovute alla durezza della lega, ma alla città di Duren. Nel 1909 infatti Wilm ha venduto i suoi brevetti alla Durener Metallwerke.
Durante la prima guerra mondiale la lega che aveva messa a punto, nota come Duralumin e contenente il 4,5% di rame più minori quantità di magnesio e di manganese, è stata largamente impiegata nella fabbricazione dei dirigibili Zeppelin.

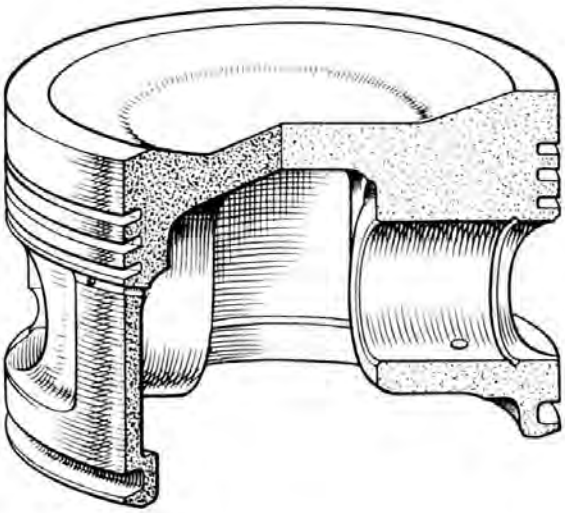


Dopo il termine del conflitto è stata utilizzata dalla Junkers per realizzare il primo aereo commerciale interamente metallico. In America la Alcoa ha sviluppato la sua versione di questa lega contraddistinguendola con la sigla 17 S (che diversi anni dopo è diventata 2017). Da noi questo materiale è stato conosciuto a lungo come Avional 22.

Un ulteriore sviluppo nell'ambito di questa famiglia di leghe da parte della Alcoa ha portato alla 24 S, largamente utilizzata sui velivoli prodotti dalla metà degli anni Trenta in poi. In effetti in campo aeronautico questo materiale, oggi noto come 2024, è stato un autentico cavallo di battaglia per vari decenni.



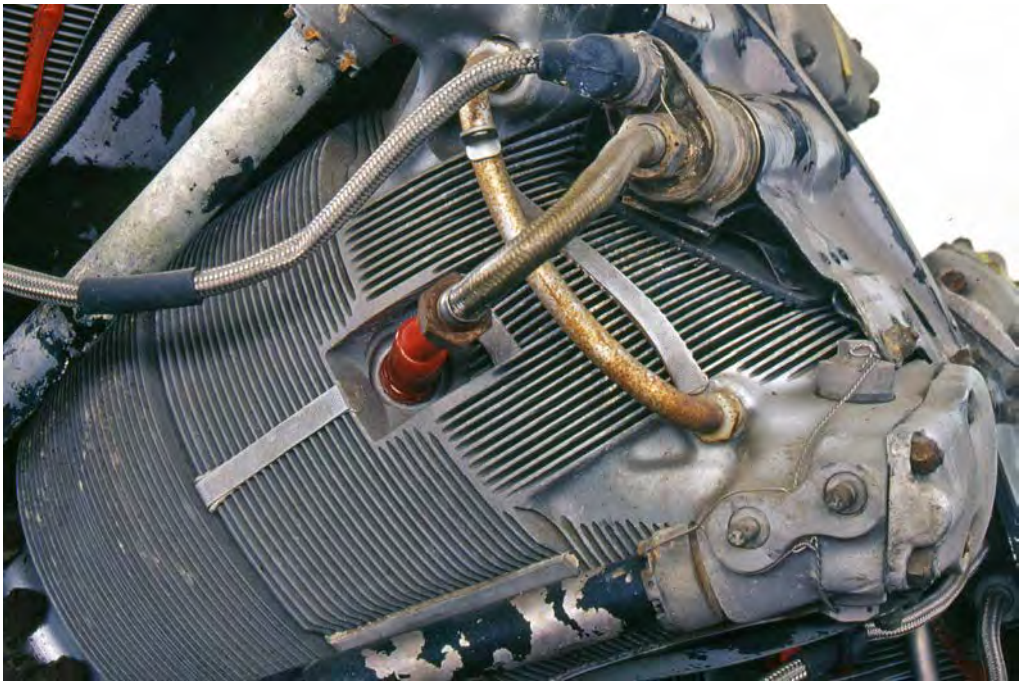
L'altra famiglia di leghe di alluminio dalle elevate caratteristiche meccaniche che ha dominato a lungo la scena in campo aeronautico (dove continua ad essere largamente utilizzata), prima di diventare materiale di grande pregio per le auto e le moto supersportive o da competizione, è quella nota come serie 7000. La prima e più importante rappresentante del gruppo è stata la 7075, che per molti anni da noi è stata conosciuta con la denominazione commerciale di Ergal 55. Si tratta di una lega contenente oltre il 5% di zinco più significative quantità di magnesio e rame, che ha la sua origine nella ESD sviluppata dalla Sumitomo attorno al 1936 e impiegata in grande segretezza sul famoso caccia Mitsubishi Zero, entrato in produzione nel 1939. È stato grazie al ritrovamento di un esemplare di tale velivolo che gli americani hanno conosciuto questa lega. In breve l'Alcoa ha realizzato la sua versione, contraddistinta dalla sigla 75 S, successivamente divenuta 7075.
Ancor oggi, quando si parla di "alluminio aeronautico" in campo motoristico si intende la 2024 o la 7075. Entrambe queste leghe sono bonificabili ma non si prestano bene ad essere saldate. Per collegare le parti con esse realizzate si ricorre pertanto alla chiodatura o all'impiego di viti (osservando con attenzione le ali o la fusoliera di molti aerei si possono notare le teste dei rivetti nelle zone di unione dei pannelli di rivestimento).
All'interno dei motori le leghe di alluminio hanno ben presto iniziato ad essere utilizzate per realizzare i pistoni, che in precedenza erano in ghisa o in acciaio. L'impiego di questo materiale si è generalizzato in campo aeronautico assai prima di quanto avvenuto nel settore automobilistico, ove pure si erano avuti importanti esempi di applicazione già all'inizio degli anni Dieci.
Le forti sollecitazioni che i pistoni dovevano sopportare nei motori d'aviazione hanno fatto sì che ben presto i tecnici puntassero la loro attenzione sulla possibilità di realizzarli non più mediante fusione in conchiglia ma mediante forgiatura, in modo da ottenere superiori caratteristiche meccaniche. L'importanza militare del settore aeronautico si è rivelata anche in questo caso fondamentale, ma non va trascurata quella che a suo tempo ha avuto la Coppa Schneider.



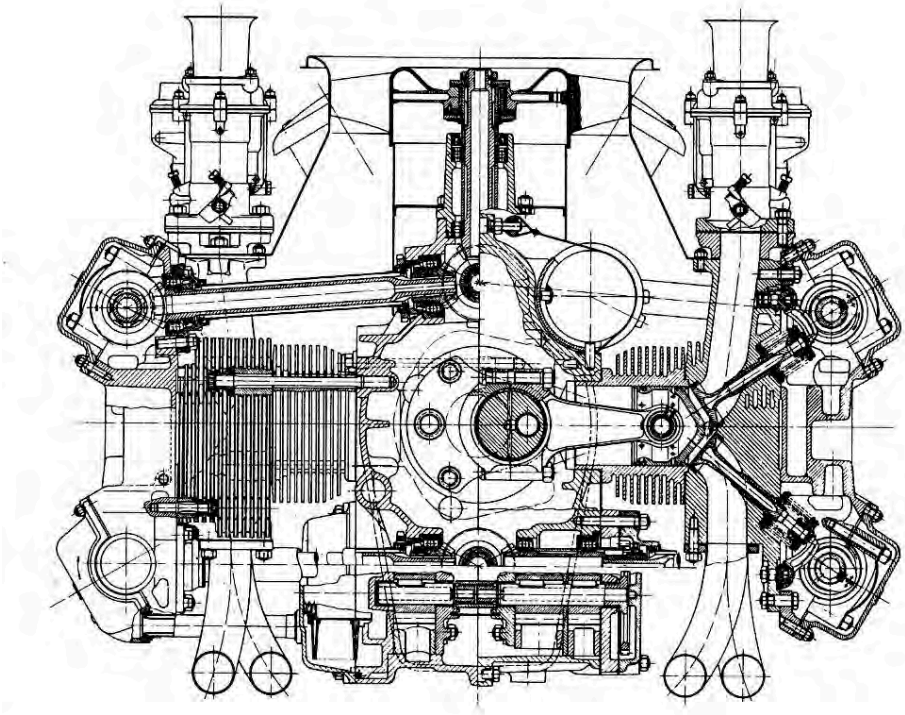
Produttori specializzati hanno messo a punto leghe di alluminio specificamente destinate alla produzione di pistoni forgiati. È questo ad esempio il caso di quelle note come Hiduminium, alcune delle quali sono nate da materiali brevettati della Rolls Royce sul finire degli anni Venti. Particolarmente famosa è rimasta la RR 59 impiegata anche per i pistoni dei motori Isotta Fraschini Asso 750 che hanno equipaggiato gli idrovolanti che nel 1933 hanno compiuto la Crociera del Decennale, svoltasi sotto il comando di Italo Balbo. I pistoni impiegati nella maggior parte dei moderni motori auto e motociclistici sono realizzati con una lega molto simile, la RR 58, oggi più nota come 2618.

Per concludere queste osservazioni sulle leghe di alluminio nate per impiego aeronautico o comunque sviluppate in tale ambito, non si possono non segnalare quelle contenenti considerevoli tenori di litio. Questo elemento, aggiunto in quantità che di norma non superano il 4%, consente di ottenere una apprezzabile riduzione della densità del materiale e ne fa aumentare il modulo elastico. Ciò consente di produrre componenti più leggeri e più rigidi. Di recente queste leghe, sulle quali hanno lavorato intensamente

soprattutto i tecnici aeronautici russi negli anni Sessanta e Settanta, sono state impiegate per realizzare alcune pinze dei freni destinate a veicoli da competizione.



I motori stellari, raffreddati ad aria e molto sollecitati dal punto di vista termico, sono stati pionieri per quanto riguarda lo sviluppo delle teste in lega di alluminio. Per ragioni di leggerezza e di conduttività termica anche i motori con architettura in linea o a V e raffreddamento a liquido hanno impiegato questo materiale. Che però ha una durezza modesta e quindi richiede, nel caso delle teste, l'adozione di guide e sedi delle valvole riportate. In molti casi queste ultime venivano installate per avvitamento a caldo e non facendo affidamento alla sola interferenza. Le teste erano logicamente ottenute per fusione ma per gli ultimi stellari si è fatto ricorso alla forgiatura, con alettatura ottenuta mediante lavorazioni meccaniche.



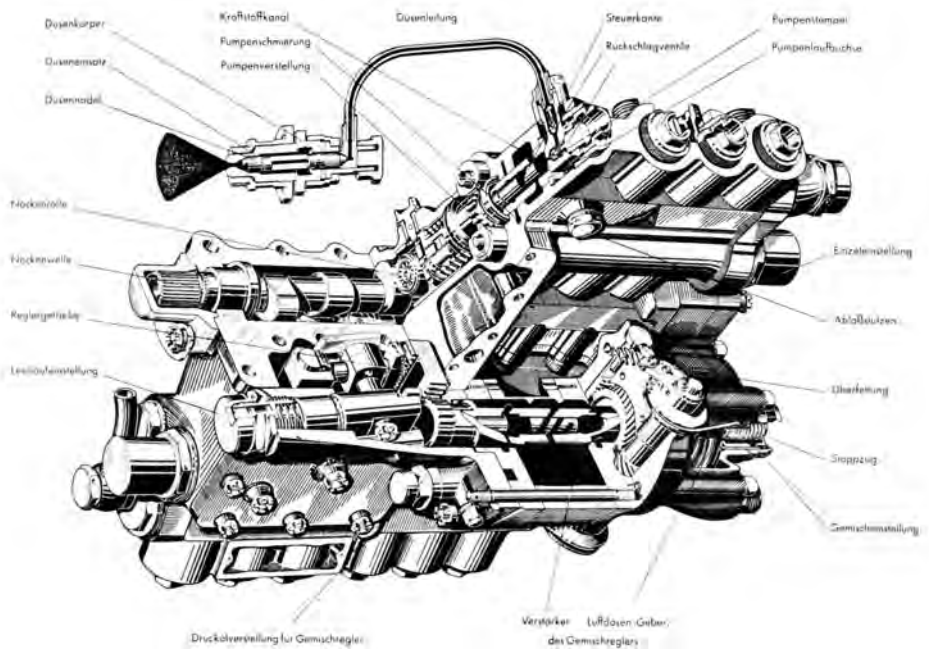
Sempre rimanendo nel campo dei materiali con ridotta densità, è interessante ricordare che le prime ruote in lega di magnesio sono state realizzate durante gli anni Venti in Germania per impiego aeronautico. Da alcuni

decenni a questa parte sono di impiego universale sulle auto e sulle moto da competizione (con un disegno che ovviamente è ben diverso).

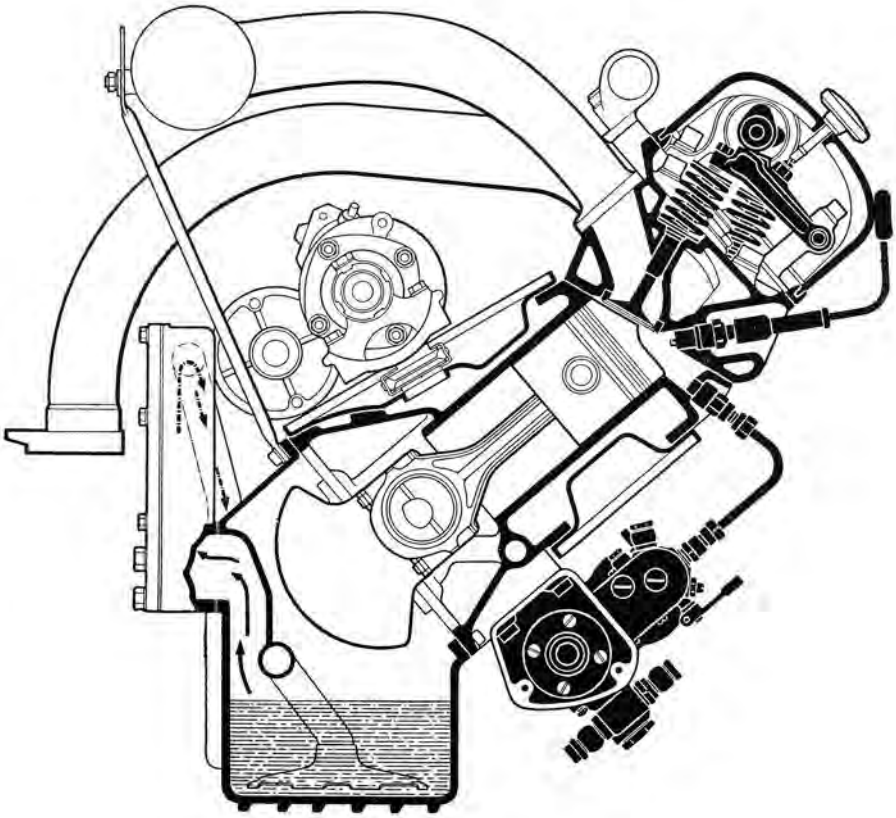
Il titanio è un metallo che in molte applicazioni può sostituire l'acciaio, rispetto al quale ha una densità del 42% minore. Ha una resistenza a trazione molto elevata (dopo trattamento può raggiungere valori dell'ordine di 1200 MPa) ma un modulo elastico che è all'incirca metà di quello dell'acciaio.
Le leghe di titanio hanno iniziato ad essere disponibili attorno al 1950 trovando subito ampio impiego nel settore aeronautico, per il quale le più importanti erano state sviluppate. Al mondo dell'auto sono arrivate più tardi.

La prima casa a utilizzarle è stata la Porsche: nel suo motore di Formula Uno a otto cilindri di 1500 cm3 del 1962 le bielle erano in Ti 6Al 4V, che è tuttora la lega di titanio più diffusamente impiegata. Ben presto l'azienda tedesca ha impiegato le leghe di questo straordinario metallo anche per le valvole e per le molle, oltre che per parti come i portamozzi. La famosa 917 ne faceva ampio uso. A partire dagli anni Ottanta tutti i costruttori di motori di Formula Uno impiegano bielle in lega di titanio. Diverse moto sportive delle ultime generazioni utilizzano valvole realizzate con questo materiale. Solo il costo proibitivo ha impedito la diffusione delle leghe di titanio anche nelle auto di serie. I casi di utilizzazione sono stati sporadici e sono rimasti limitati a modelli di particolare prestigio.

Le bielle dei motori delle auto da competizione da diversi anni a questa parte hanno spesso un fusto con sezione ad H rovesciato. Questo disegno veniva adottato dai motori Argus e Hirth, destinati ai velivoli leggeri, da addestramento o destinati a impiego civile, già negli anni Trenta.



L’iniezione diretta di benzina è stata adottata sui motori tedeschi di elevata potenza destinati agli aerei militari a partire dal 1936. Si trattava dei 12 cilindri a V invertito realizzati dalla Daimler Benz e dalla Junkers, ai quali si è in seguito andato ad aggiungere lo splendido stellare BMW 801.



Questa soluzione consentiva di ridurre i consumi e permetteva una corretta alimentazione del motore in qualunque situazione. In campo automobilistico l’iniezione diretta è stata impiegata di serie dalla Mercedes Benz nel 1954 sulla 300 SL e sulle straordinarie vetture da competizione con motore a otto cilindri in linea e distribuzione desmodromica. In precedenza, per ridurre il consumo di carburante, era stata utilizzata dalla Gutbrod e dalla Goliath per un paio di minivetture con motore a due tempi. In questi casi venivano impiegati sistemi meccanici, con pompe a portata variabile direttamente derivate da quelle utilizzate sui motori d’aviazione, che a loro volta discendevano dalle pompe sviluppate negli anni Venti dalla Bosch per i motori diesel. Perché l’iniezione diretta iniziasse realmente a diffondersi sui motori automobilistici (cosa avvenuta grazie al fondamentale impiego dell’elettronica) è stato necessario attendere la fine degli anni Novanta.

Dalla sperimentazione alla vita comune: esempi di trasferimenti tecnologici recenti

Relatore: Cap. Antonio Ing. Ciotola

Ringrazio il professor Genchi per avermi concesso la parola. Un ringraziamento particolare va inoltre a tutti gli organizzatori dell'evento. È un particolare onore infatti poter essere oggi all' Università Palermo, fucina di ottimi ingegneri, per presentare un intervento su un argomento interessante ed allo stesso tempo vasto. Certo, dopo quasi due ore così ricche di spunti, osservazioni, ricostruzioni storiche, sarà difficile mantenere un livello così alto di contenuti ed interesse. Per riuscirci farò un tentativo presentando in anticipo l'obiettivo di quanto voglio comunicare con questa relazione, ovvero presentare degli esempi recenti di trasferimenti tecnologici tra industria aerospaziale ed automobilistica ed allo stesso tempo fare qualche piccola riflessione su possibili scenari futuri. La mia vuole essere una viva testimonianza, basata su esperienze vissute nel mio reparto di appartenenza in Aeronautica Militare, il Reparto Sperimentale Volo, che trasferimenti tecnologici sono oggi più che mai vivi e che, così come illustrato dai miei predecessori, la direzione degli stessi è oggi indefinita.

Prima di cominciare il nostro percorso credo sia necessario evidenziare, in termini semplici, il legame esistente tra il Reparto Sperimentale Volo ed il tema della relazione. Tra i compiti di istituto del Reparto c'è infatti il supporto alla Direzione Degli Armamenti Aeronautici e per l'Aeronavigabilità, con l'effettuazione di prove a terra ed in volo, durante la certificazione di aeromobili appartenenti allo stato italiano. Ciò significa che, ogni qual volta nuove tecnologie sono introdotte su questi aeromobili, il nostro personale è coinvolto nel verificare che queste tecnologie siano sicure e rispettino le prestazioni tecniche richieste nel contratto di acquisizione.

Gli esempi che presenterò, frutto della mia personale esperienza lavorativa, potranno essere classificati in due categorie: sistemi per l'individuazione degli ostacoli e sistemi per la presentazione delle informazioni al conducente.

Partendo dalla prima categoria vedremo come sistemi esistenti in campo automobilistico abbiano influenzato sistemi simili, ma non identici, esistenti su aeromobili. In tal senso credo possa suscitare un po' di meraviglia il fatto che il primo sistema che presenterò consista in una tecnologia diffusissima sulle automobili ed ormai di dominio pubblico: i sensori di parcheggio. Conosciamo tutti il loro funzionamento, durante il parcheggio determinano la distanza tra il veicolo ed eventuali ostacoli e comunicano al conducente questa informazione attraverso una serie di segnali acustici ed in alcuni casi anche visivi. Un segnale acustico intermittente è udibile quando un ostacolo è stato rilevato e aumenta la sua frequenza all'avvicinarsi all'ostacolo. Infine, ad una distanza ritenuta critica per il parcheggio, un segnale acustico continuo avverte che il veicolo deve fermarsi. I sensori di parcheggio sono stati concepiti per offrire un aiuto nelle manovre di retromarcia difficoltose. Da un punto di vista tecnico il principio di funzionamento di questi sensori, che altro non sono che sensori di prossimità, è simile a quello del sonar: emettono impulsi sonori ultrasonici, e rilevano un'eventuale eco di ritorno generato dalla presenza di un oggetto all'interno della loro portata nominale.

Una tecnologia simile, in campo aeronautico, è stata implementata dalla ditta Leonardo Helicopters, ex AgustaWestland, che ha quindi dotato i propri elicotteri di qualcosa di molto simile a sensori di parcheggio e che ha chiamato OPLS, ovvero *Obstacle Proximity LIDAR System.* È importante precisare che, sebbene ci siano affinità tecniche, è chiaro che le finalità di impiego sono diverse dal campo automobilistico.

In campo aeronautico questo sistema risponde ad esigenze specifiche nate, ad esempio durante missioni di ricerca e soccorso di dispersi o infortunati. Restare fermi in volo su di un punto, ad esempio nel tentativo di recuperare un infortunato con un verricello, è stato infatti identificato come una delle condizioni di volo più pericolose per un elicottero. Questo soprattutto in condizioni di scarsa visibilità come pioggia o nebbia oppure in presenza di superfici impervie come boschi o in prossimità delle pendici di una montagna. Il rischio di impatto della struttura con ostacoli esterni, con conseguenze anche catastrofiche, è notoriamente molto elevato e qualsiasi strumento in grado di aumentare la consapevolezza del pilota è ben accetto.

L'OPLS risponde a questa esigenza informando i piloti e membri dell'equipaggio circa la distanza dall'ostacolo più vicino. Come fa tutto ciò?

Il sistema, specifico per condizioni di volo stazionarie, si avvale di tre sensori per disegnare un profilo di sicurezza, invisibile intorno all'elicottero, all'altezza rotore principale. Qualsiasi ostacolo si avvicini a questo

disco è tempestivamente comunicato ai membri dell'equipaggio sia attraverso i display nel cockpit sia con segnali audio in cuffia aventi caratteristiche del tutto simili a quelli utilizzati sulle automobili.

Allarmi visivi e acustici sono infatti basati sulla distanza tra l'ostacolo ed il profilo di sicurezza dell'aeromobile. La distanza minima è indicata da un puntatore e il valore della distanza è riportato sulla parte superiore dello schermo. (figura 1). Il puntatore può essere di colore verde, ambra o rosso a seconda del margine di distanza. Le indicazioni audio includono un tono a frequenza variabile: Quando la distanza è inferiore D2 il tono audio comincia. La frequenza del tono audio è inversamente proporzionale alla distanza, nell'intervallo [0; 2] Hz. Ogni volta che la distanza è inferiore D1 la frequenza del tono audio aumenta fino a 4 Hz.

Figura 1: Simbologia grafica OPLS su Multi-Function Display (MFD)

Le distanze sono determinate mediante questi sensori LiDAR, *Light Detection and Ranging.* Il LiDAR permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser. Come per il radar, che al posto della luce utilizza onde radio, la distanza dell'oggetto è determinata misurando il tempo trascorso fra l'emissione dell'impulso e la ricezione del segnale retro diffuso. La principale differenza fra il lidar e il radar è che il lidar usa lunghezze d'onda ultraviolette, nel visibile o nel vicino infrarosso. Questo rende possibile localizzare e ricavare informazioni su oggetti molto piccoli, di dimensioni pari alla lunghezza d'onda usata.

Una seconda soluzione per l'individuazione degli ostacoli consiste, in campo automobilistico, in pacchetti di sicurezza recentemente introdotti quali i sistemi di pre-collisione con rilevamento dei pedoni. Prendendo ad esempio una realizzazione di un noto costruttore di automobili, questi sistemi utilizzano una telecamera e un radar ovvero un LiDAR per determinare possibili collisioni con altri veicoli o pedoni.

Una telecamera è installata nella parte centrale del parabrezza. Questa individua veicoli o altri oggetti sulla strada, ne riconosce la forma ed è in grado di distinguere tra line bianche e gialle (figura 2).

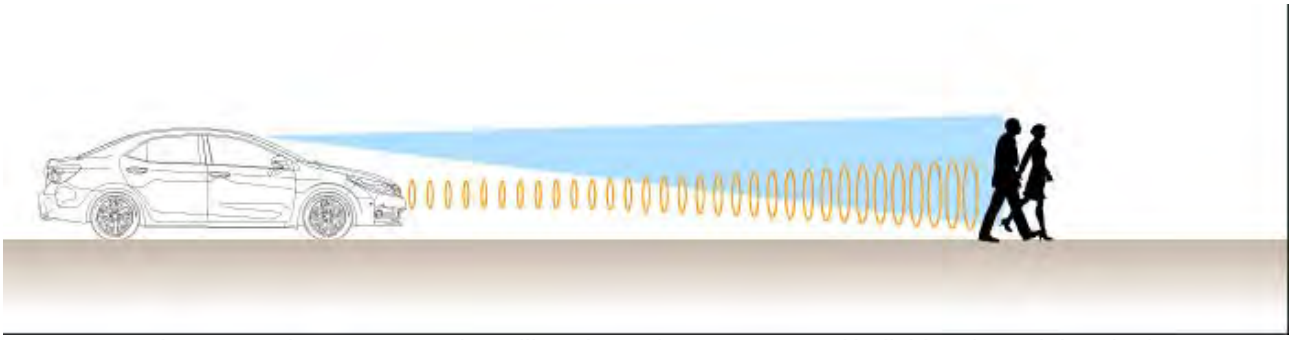


Figura 2: Telecamera e radar utilizzati congiuntamente per l'individuazione dei pedoni

L’assieme radar ad onde millimetriche consiste, appunto, in un radar vero e proprio ed un computer. Le antenne ricevono le onde del radar che sono state riflesse. Il computer determina la distanza degli oggetti, la velocità relativa e la loro direzione. La funzione svolta dal radar ad onde millimetriche in alcuni modelli ed in alcuni costruttori è svolta da un LIDAR comunque affiancato alla telecamera (figura 3 e 4).

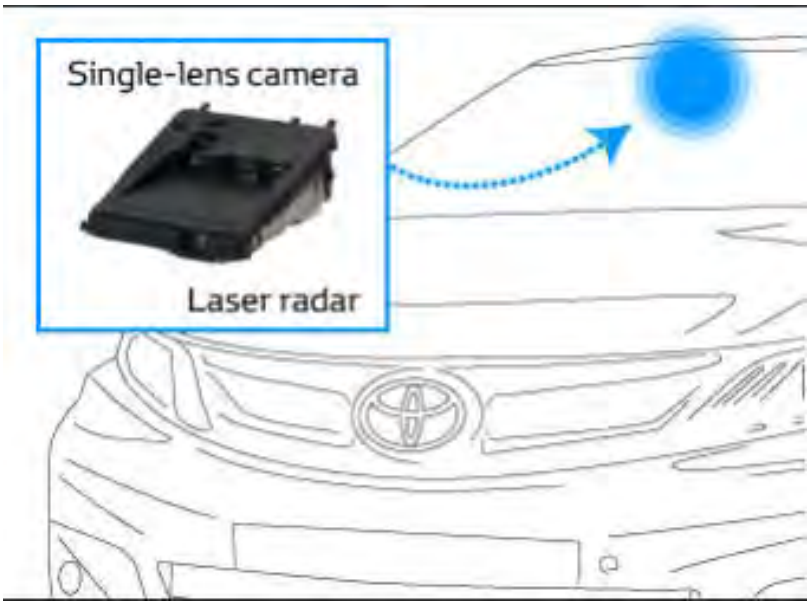


Figura 3: Sensori utilizzati da sistemi di pre-collisione - confgurazione con LiDAR

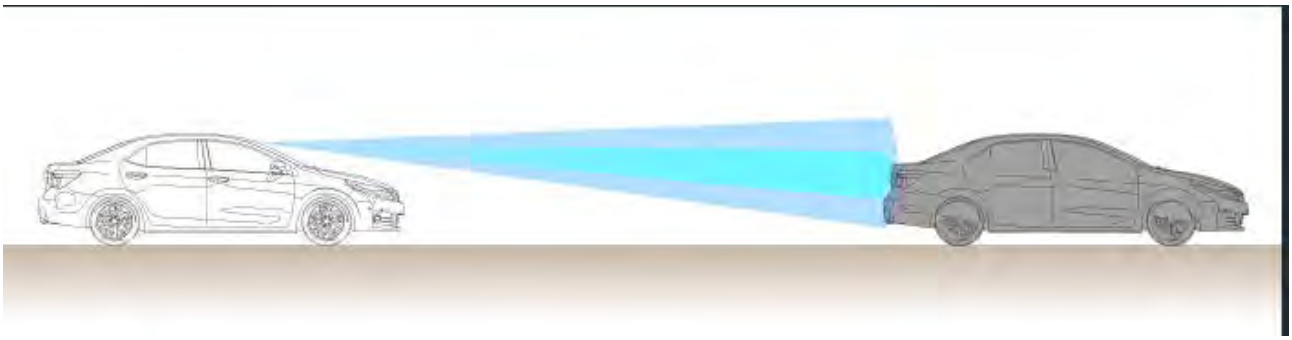


Figura 4: Telecamera e LiDAR utilizzati congiuntamente per l'individuazione di vetture

Nel momento in cui la possibilità di urto con un ostacolo è appurata, il conducente viene avvisato con segnali sonori e visivi e viene attivata la frenata assistita (figure 5 e 6). Se il guidatore non riesce a frenare in tempo i freni agiscono automaticamente per evitare o attenuare una collisione. Nel caso di collisione con pedoni sono al momento allo studio sistemi in grado di modificare la traiettoria dell’auto nella parte finale prima dell’impatto.

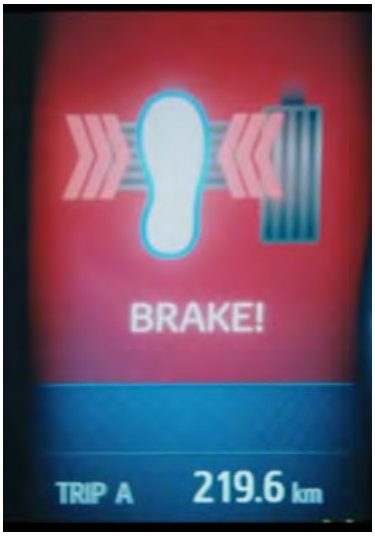


Figura 1: Esempio di indicazioni visiva in caso di possibile collisione con un ostacolo

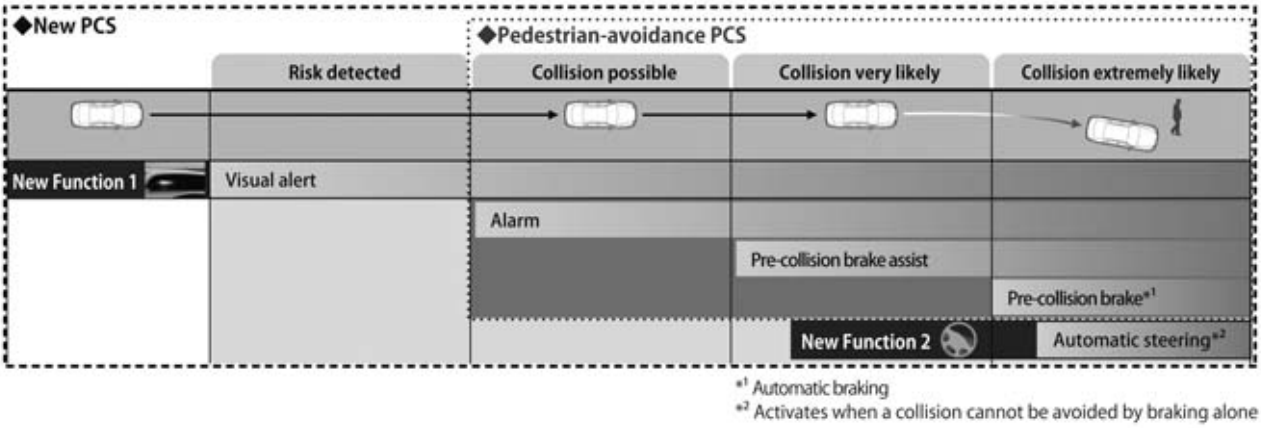


Figura 6: Logica di funzionamento di un pre-collision system

I sensori appena descritti sono inoltre utilizzati anche per funzioni avanzate quali ad esempio il cruise control adattativo nel quale, oltre a mantenere in automatico una velocità preimpostata, se durante la marcia si incontra un altro mezzo in movimento, il veicolo rallenta autonomamente per mantenere una distanza prefissata da chi lo precede.

L'esigenza di disporre di indicazioni utili sulla presenza di ostacoli è, durante il volo traslato, molto importante. Questo in modo particolare nel mondo degli elicotteri dove la maggior parte delle operazioni svolte, tra le quali ricerca e soccorso, soccorso sanitario, antincendio e controllo del territorio avviene a bassissime quote e spesso in condizioni di visibilità precarie. Non è un caso infatti che una delle principali cause di incidente di elicotteri sia proprio l'impatto con ostacoli quali cavi della luce, alberi o quant'altro possa compromettere l'integrità e la controllabilità del dell'aeromobile.

A questa esigenza risponde il LOAM (*Laser Obstacle Avoidance System*), tecnologia anch'essa sviluppata dalla ditta Leonardo. Il LOAM è un sistema a base LiDAR progettato per fornire aiuto ai piloti durante la navigazione a bassa quota. È in grado di individuare ostacoli molto sottili, come ad esempio cavi, alberi o anche edifici, e di salvare la loro posizione e le loro caratteristiche in memoria.

Supponiamo di avere un elicottero in volo livellato in condizioni di scarsa visibilità e che la sua traiettoria sia in collisione con un'antenna. Nel momento in cui l'ostacolo è individuato l'equipaggio è avvertito con un segnale audio a frequenza crescente. Allo stesso tempo il sistema fornisce un'indicazione del tempo stimato all'impatti e sulla migliore manovra da eseguire per congiurarlo. Ciò consente agli elicotteri che utilizzano questo sistema di poter volare a bassa quota ed in condizioni di scarsa visibilità ad una velocità più elevata rispetto a quella possibile in assenza del LOAM.

Il sistema è composto da:

- una Sensor Head Unit (figura 7, SHU) – è l'unità principale, contiene al suo interno il laser, componenti ottici per acquisire le radiazioni riflesse ed un computer per analizzare queste riflessioni.

Figura 2: Sensor Head Unit (SDU)

- Un Control Panel Unit (CPU) – (figura 8) contiene i controlli necessari per configurare il sistema al meglio. È possibile impostare il range indicando la distanza al quale gli avvisi devono essere emessi (300m, 500m, 1000m o TTI (13 secondi)). È possibile indicare anche la tipologia di ostacolo di interesse specificando se si è interessati a pali (PL), cavi (WR) oppure a tutte le tipologie di ostacolo (ALL). La modalità Safety Line (SL) invece ha come scopo quello di limitare al minimo i messaggi forniti all'equipaggio filtrando qualsiasi ritorno da parte di ostacoli che non intersecano il vettore velocità.

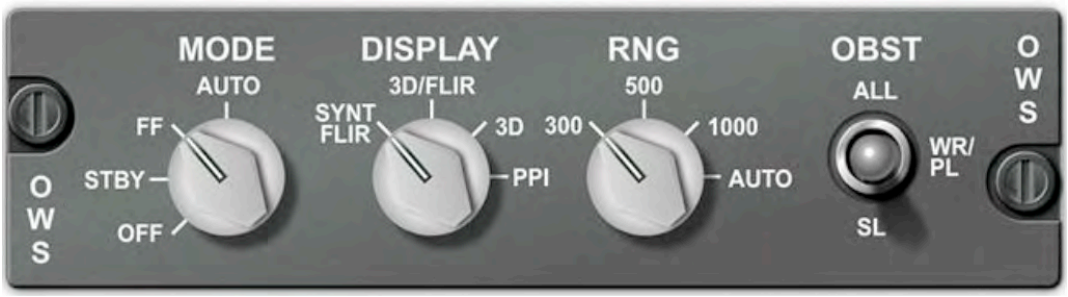


Figura 8:Control Panel Unit (CPU)

- Warning Units (figure 9 e 10, WU) – Ci sono due di queste unità, una per ogni pilota. Queste contengono l'indicatore di tempo all'impatto (Time To Impact, TTI), indicatori della manovra evasiva da seguire ed indicatori di ostacoli al di fuori della traiettoria dell'elicottero. Ci sono delle frecce verdi che indicano in quale direzione l'elicottero dovrà muoversi per scongiurare la collisione. Ci sono invece 2 rettangoli rossi che indicano la presenza di ostacoli al di fuori della traiettoria dell'elicottero.

Figura 3: Installazione delle warning units all'interno del cockpit

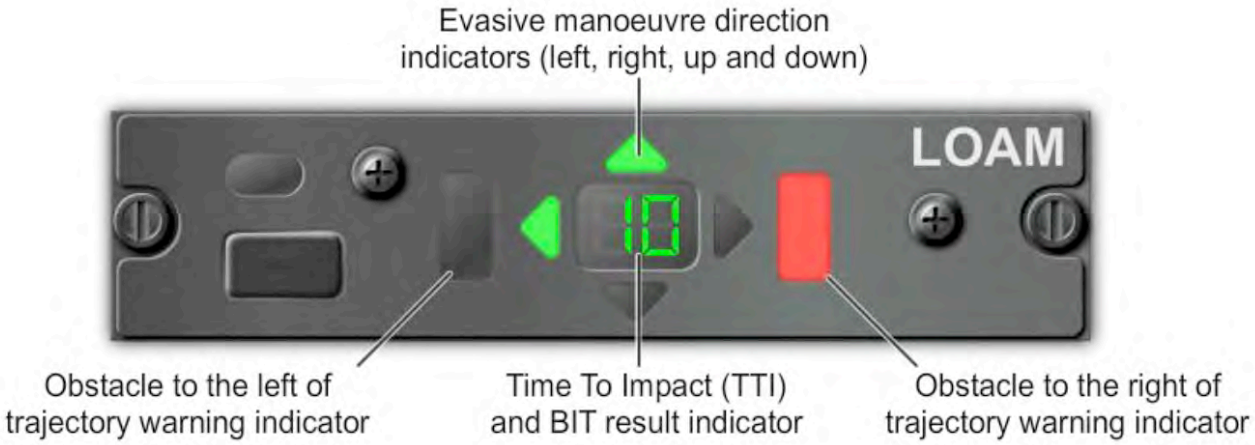


Figura 40: Dettaglio delle warning units

In alcune applicazioni il LOAM, è affiancato come per le automobili da una telecamera. In uno schermo è possibile rappresentare le informazioni fornite dai due sistemi in modo fuso ed aumentare quindi la consapevolezza dell'equipaggio sulla presenza di ostacoli.

Un aspetto importante da considerare è che, sebbene i sistemi presentati sulle automobili concorrano effettivamente ad aumentare la sicurezza sulle strade, soprattutto in prossimità di incroci ciechi o in condizioni di scarsa visibilità, i costruttori si guardano bene dall'assumersi responsabilità in caso di incidente. Nei manuali d'uso è infatti specificato che il conducente resta comunque il solo responsabile per una guida sicura. Il costruttore avverte inoltre che il sistema è progettato sotto l'assunzione che il conducente guidi sempre in condizioni di sicurezza ed in condizioni stradali normali. Raccomanda di pulire frequentemente i sensori e di non affidarsi unicamente al sistema per frenare. Tali affermazioni individuano quindi limiti di due tipi a possibili sviluppi futuri di tecnologie di guida automatica: un limite infrastrutturale ed un limite di responsabilità civile. Infrastrutturale nel senso che questi sistemi potranno essere affidabili solo eliminando la variabilità dei manti stradali realizzando, ad esempio, dei veri e propri binari per mezzi su ruota. In questo caso più che con automobili avremmo a che fare con qualcosa di più simile ad un treno. Responsabilità civile nel senso che questa appare oggi inalienabile da parte del conducente e pertanto il suo intervento nella guida non sembra escludibile. Sarà interessante osservare come i costruttori di automobili affronteranno e supereranno questi due limiti. Riflessioni simili sono estendibili anche nel settore aeronautico dove, sistemi come l'OPLS, non escludono o riducono la responsabilità del pilota nell'utilizzare tutti i mezzi in suo possesso per scongiurare incidenti.

Volgendo al termine dell'intervento entriamo nella categoria dei sistemi per la presentazione delle informazioni al conducente. L'esempio selezionato al riguardo è l'Head Up Display o HUD. Nell'industria aeronautica l'HUD è un tipo di display che permette la visualizzazione dei dati di volo, ad esempio quota, velocità e beccheggio, senza dover costringere lo sguardo a soffermarsi sui vari strumenti nella cabina. Le immagini sono proiettate con messa a fuoco a distanza infinita, ciò consente di poter fruire delle informazioni ivi rappresentate senza dover modificare la mesa a fuoco degli occhi. Nel tempo le informazioni indicate su questi display sono state aumentate e perfezionate fino a poter integrare vere e proprie animazioni ed informazioni utili alla navigazione. Gli Head Up Displays sono stati inizialmente introdotti per l'aviazione militare ma sono state in seguito adottati con successo anche dall'aviazione civile.

Tra i benefici apportati in campo civile dall'introduzione di questi sistemi c'è stata una diminuzione del carico di lavoro richiesto al pilota duranti fasi critiche del volo, quali ad esempio il decollo e l'atterraggio, eseguiti in condizioni di scarsa visibilità.

Tutti gli HUD richiedono una sorgente per le immagini, generalmente un tubo a raggi catodici ad alta luminosità, ed un sistema ottico per proiettare l'immagine ad una messa a fuoco all'infinito. L'immagine HUD è vista dal pilota dopo esser stata riflessa da un elemento semi-trasparente chiamato combinatore. Il combinatore è localizzato tra gli occhi del pilota ed il parabrezza del velivolo ed è posto con una inclinazione tale da riflettere i raggi della sorgente dell'immagine negli occhi del pilota per una vista corretta.

Questa tecnologia, per scopi simili a quelli individuati in campo aeronautico, è stata di recente introdotta da alcuni costruttori di automobili anche se con delle sottili differenze.

Le informazioni proiettate, spesso velocità, limiti di velocità, carburante, informazioni sulla navigazione non sono rappresentate con una messa a fuoco all'infinito ma a una distanza di circa 4 metri, corrispondente con il punto di vista utilizzata usualmente durante la guida.

In tipiche applicazioni automobilistiche abbiamo dei LED che servono come sorgente di luce. La luce è diretta verso uno schermo Thin Film Transistor (TFT) dove sono rappresentati i contenuti da visualizzare sull'HUD. Il TFT può essere paragonato ad un filtro che consente o blocca luce. Una serie di elementi ottici, come nel caso aeronautico, proiettano l'immagine dell'HUD in modo che possa esser vista dal conducente.

La funzione del combinatore è svolta dal parabrezza. Per evitare che le indicazioni si presentino sdoppiate, come accade utilizzando un HUD basato su uno smartphone riposto sul cruscotto delle auto, il parabrezza subisce un trattamento particolare. Il film di plastica sul quale sono attaccati la parte esterna ed interna del parabrezza non è infatti parallelo allo stesso ma rastremato come rappresentato in figura 11.

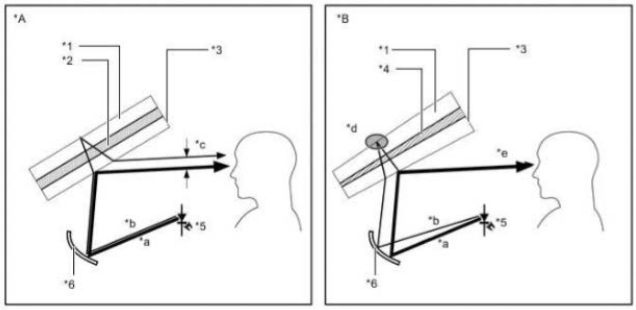


Figura 51:Parabrezza tradizionale (sinistra) vs parabrezza utilizzato come combinatore HUD (lato destro)

Con questo concludo la mia breve relazione. Spero che gli esempi proposti abbiano adempiuto allo scopo, ovvero essere la chiara testimonianza che trasferimenti tecnologici tra industria aeronautica ed automobilistica/motociclistica siano ancora in atto. È difficile fare delle previsioni su ciò che ci aspetta in futuro, in linea di principio le tecnologie disponibili consentirebbero già subito di raggiungere funzioni fino a poco tempo inimmaginabili come ad esempio automobili che guidano da sole. Google in tal senso sta effettuando delle sperimentazioni ed è recente l'annuncio di una collaborazione con FCA. Nella pratica però, così come accennato in alcuni esempi, aspetti relativi alla disponibilità di infrastrutture idonee ed alla responsabilità civile dei conducenti non possono essere ignorati e potrebbero costituire un limite all'introduzione della guida automatica nella guida comune. Osserveremo con interesse come l'industria automobilistica riuscirà a superare questi aspetti.