

Elaborato monografico

Eurofighter Typhoon



Professore

Carlo de Nicola

Allieva

Isidora Podda

Anno Accademico 2020/2021

- **INDICAZIONI PER LO SVILUPPO DELLE ESERCITAZIONI A CASA**

Il rispetto di queste indicazioni è tassativo. In presenza di difformità non prenderò in considerazione le relazioni. Ogni cosa riportata va letta con molta attenzione prima di essere sottoposta alla mia attenzione: non conviene 'usare' un docente come correttore di bozze.

STESURA DEL TESTO (CON O SENZA WORD PROCESSOR). È richiesta un'esposizione strutturata piuttosto che narrativa. Pertanto descrivere sinteticamente ed in sequenza

- lo scopo
- lo sviluppo
- l'applicazione
- le conclusioni

indicando gli strumenti (tecniche, informatici o scientifici) utilizzati per lo sviluppo e la stesura. È vietato riprodurre, anche in parte, la teoria alla base dell'esercizio: limitarsi all'indicazione bibliografica. La lunghezza, in facciate, del corpo del resoconto del lavoro a casa (escludendo quindi titolo, indice e lista dei simboli) va contenuta al massimo.

INDICAZIONI PARTICOLARI. Il fascicolo che contiene gli esercizi deve essere curato, preciso, elegante, e pertanto

- ogni rappresentazione grafica deve essere pertinente
- riportare sempre il sommario dei risultati in quadri sinottici od in opportuni grafici
- evitare per quanto possibile termini in lingua diversa dall'italiano (un termine irrinunciabile di altra lingua va scritto in corsivo), evitare tout court versioni italianizzate di termini di altre lingue
- nella stesura informatica lasciare uno spazio bianco dopo i caratteri .,:?;!; in stampa lasciare 3.5 cm a sx, 2 cm a dx
- non è necessario (ma può essere utile) riportare la lista dei simboli
- impiegare sempre una terminologia appropriata
- stare attenti ad evitare il costrutto “: (due punti) seguito da una figura o da una tabella”
- Scrivere sempre “numero di” Mach/Reynolds e non “Mach/Reynolds”

PRESENTAZIONE. Esercizi ed elaborati vanno presentati in un fascicolo non rilegato, indicando in copertina cognome, nome e matricola, insieme all'elenco di tutti gli esercizi in sviluppo o già convalidati, e riportando in seconda pagina le **INDICAZIONI PER LO SVILUPPO DELLE ESERCITAZIONI A CASA.**

I. Generalità

L'Eurofighter (F-2000A) è un caccia multiruolo (swing-role) di quarta generazione con il ruolo principale di caccia intercettatore. Il velivolo è in grado di offrire capacità operative impareggiabili e un'efficacia ad ampio spettro per quanto attiene il settore della difesa aerea (Figura 1).

Il Typhoon è considerato, tutt'ora, il più avanzato aereo sviluppato in Europa anche grazie al contributo, in termini di sviluppo, apportato da Germania, Italia, Spagna e Regno Unito.

L'F2000 è un velivolo bimotores, ultrasonico e straordinariamente agile per merito dei materiali utilizzati per la costruzione, i processi industriali e le tecniche di assemblaggio all'avanguardia.

Il Typhoon è un caccia militare enormemente diffuso in Europa per le tecnologie integrate nel cockpit del pilota: basti pensare all'eccellente sistema radar che permette funzionalità estremamente avanzate nelle missioni aria-aria e aria-terra. Altra tecnologia indispensabile per un velivolo intercettatore cui l'F2000 certamente non può rinunciare è l'individuazione simultanea e il tracciamento di bersagli multipli ad ampio spettro e in ambienti fortemente congestionati. Altresì, l'Eurofighter, è in grado di evitare, reagire e sopravvivere a minacce elettromagnetiche in continua evoluzione,

sistema integrato al fine di garantire al velivolo l'autoprotezione del mezzo stesso.



Figura 1 - Eurofighter (F-2000A)

II. Storia

Lo sviluppo del velivolo inizia nel 1983 dalla collaborazione multinazionale tra Regno Unito, Germania, Francia, Italia e Spagna.

Nel 1984, però, la Francia abbandona il progetto poiché il consorzio non accetta la richiesta francese riguardante il controllo del 50% del progetto.

La cooperazione sovranazionale giunge alla realizzazione del primo prototipo nel 1994, anno in cui lo stesso ha avuto il battesimo del volo.

Nel 1998 viene adottato il nome Typhoon e, conseguentemente, vengono firmati i primi contratti di produzione.

Un evento mondiale di enorme rilevanza muta, però, le richieste in termini di quantità del caccia multiruolo: la fine della Guerra Fredda.

L'F2000 prende ufficialmente servizio nel 2003.

Ad oggi, più di 550 aeromobili sono stati consegnati con successo in sette paesi: Germania, Regno Unito, Italia, Spagna, Austria, Oman, e Arabia Saudita ed è stato ordinato da altri due: Kuwait e Qatar.

Con unità operative in tutto il mondo, la flotta di Eurofighter Typhoon ha completato oltre 584.000 ore di volo con statistiche operative senza precedenti dall'Europa al Sud Atlantico e al Medio Oriente.

III. Progettazione

La cooperazione tra l'industria aeronautica nazionale e l'Aeronautica militare, allo scopo di assolvere il compito comune di difesa aerea nazionale, ha contribuito allo sviluppo di un velivolo tecnologicamente dominante nel panorama europeo, come dimostrato durante la consegna dell'ultimo aeromobile al 51° Stormo di Istrana nell'Ottobre 2020.

L'Eurofighter Typhoon, progettato per essere talmente avanzato da fornire decenni di utilizzo efficace, adotta una configurazione aerodinamica con ala a delta e alette canard a calettamento regolabile.

Questa configurazione esalta la stabilità longitudinale a velocità subsonica e garantisce elevata maneggevolezza nel combattimento manovrato a distanza ravvicinata (Figura 2).

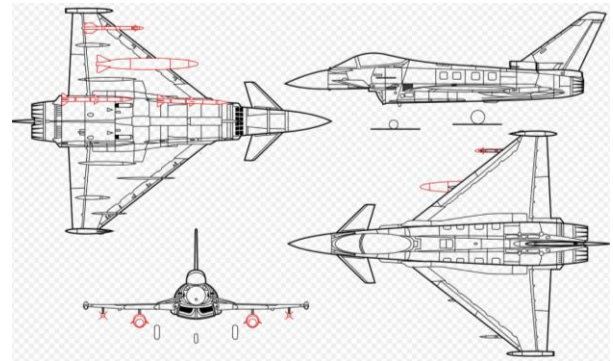


Figura 2 - Forma in pianta dell'Eurofighter Typhoon

DATI GEOMETRICI E PESI

Lunghezza	15,96 m
Apertura alare	10,95 m
Altezza	5,28 m
Superficie alare	51,20 m ²
Peso a vuoto	11150 kg
Peso carico	16000 kg
Peso massimo al decollo	35000 kg

Tabella 1 - Dati Geometrici e Pesi dell'Eurofighter Typhoon

La propulsione è garantita dall'utilizzo di due motori aeronautici militari turbofan, gli Eurojet EJ200 del consorzio EUROJET Turbo GmbH, ognuno dei quali produce una spinta che varia dai 60 kN ai 90 kN. Inoltre, la presenza dei postbruciatori consente di ottimizzare le prestazioni dei motori in termini di spinta disponibile a scapito di un maggior consumo di carburante.

In tabella 2 sono riportate le prestazioni dell'Eurofighter Typhoon.

Velocità massima	2495 km/h
Numero di Mach massimo	2
Velocità di crociera	1593 km/h
Velocità di salita	>315 m/s
Autonomia	>3790 km

Tabella 2 - Prestazioni dell'Eurofighter Typhoon

L'aeromobile, inoltre, è costruito con materiali compositi avanzati per fornire un basso profilo radar e una struttura robusta infatti, solo il 15% della superficie dell'aereo è in metallo. Le esigenze del pilota, inoltre, hanno influenzato notevolmente la progettazione del cockpit, in vetro (Figura 3).



Figura 3 - Cockpit dell'Eurofighter Typhoon

L'Eurofighter monta sensori leader della categoria che consentono al pilota di dominare il campo di battaglia (Fusion Information Superiority), supportando operazioni automatizzate e intrinsecamente segrete. Le minacce aeree, nello specifico, sono rilevate attraverso l'utilizzo di vari dispositivi di ricerca ed inseguimento: radar, IRST (Infrared Search and Track) e MIDS (Multifunctional Information Distribution System).

Il **radar** a scansione elettronica Captor-E offre un importante contributo sia per i

combattimenti aria-aria sia per quelli aria-terra, fornendo al pilota un campo di osservazione ampliato del 50% rispetto ai tradizionali sistemi radar collocati su piastre di fissaggio (Figura 4).

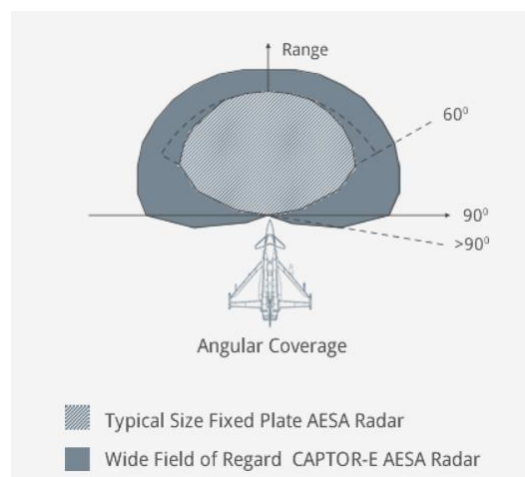


Figura 4 - Confronto tra AESA Radar e CAPTOR-E AESA Radar

Il sensore **IRST** attraverso l'utilizzo di dispositivi elettro-ottici cerca e segue gli obiettivi d'interesse senza tuttavia emettere radiazioni rilevabili da velivoli e sistemi nemici.

Il **MIDS** è un avanzato sistema di distribuzione di informazioni digitali che consente al velivolo di scambiare informazioni, in tempo reale, con le forze aeree, navali e terrestri.

Gli aiuti alla navigazione dell'Eurofighter Typhoon includono: un **sistema di posizionamento globale (GPS)** per un'interfaccia completamente digitale con canali di localizzazione satellitare individuali, **segnali laterali integrati** e **comandi verticali**, al fine di garantire manovre sicure con consapevolezza della situazione 3D ed un **sistema di controllo del volo (FCS)**, il cui

funzionamento intuitivo è progettato per consentire al pilota di concentrarsi sui compiti tattici.

L'Eurofighter Typhoon vede la costante integrazione di nuove armi intelligenti in linea con le richieste dei clienti attuali e futuri (Figura 5).

Oltre ai missili aria-aria a corto raggio (SRAAM) e al cannone Mauser da 27 mm, l'Eurofighter Typhoon trasporta la più recente tecnologia missilistica aria-aria oltre il raggio visivo (BVR), come il missile a lungo raggio avanzato METEOR.

Il Laser Designator Pod (LDP) consente di valutare la posizione precisa dei bersagli e la guida delle armi aria-terra.



Figura 5 - Sistema di Armi dell'Eurofighter Typhoon

IV. Analisi Strutturale

I punti fondamentali dei requisiti di durabilità sono riportati all'interno della specifica delle prestazioni del sistema d'arma (WSPS), il quale comprende: la durata di servizio richiesta, i diversi profili di missione, gli spettri di manovra e i fattori di sicurezza che devono essere applicati per test e analisi.

Per l'Eurofighter, in particolare, si calcola una durata di servizio senza ispezione pari a 25 anni.

Per l'analisi a fatica della struttura metallica, i modelli di cumulo del danno vengono sviluppati secondo la Teoria di Palmgren – Miner, ove: $D = \sum_i \frac{n_i}{N_i}$ con n_i il numero di cicli subito dal componente ed N_i il numero di cicli che provoca rottura.

Le curve di Wöhler (Figura 6) utilizzate nell'analisi a fatica, sono ricavate da dati sperimentali e concordate dalle aziende partner (Save S-N Data). Tali curve possono variare, ad esempio, in base al materiale e al fattore di concentrazione utilizzati (POF 50%) o in base al fattore di dispersione, che può essere posto pari a 3 per bassa resistenza (Cycles/3) e a 1.4 per alta resistenza ($S_A/1.4$).

Rispetto alle curve S-N è possibile ricavare un fattore di sicurezza pari a 3.

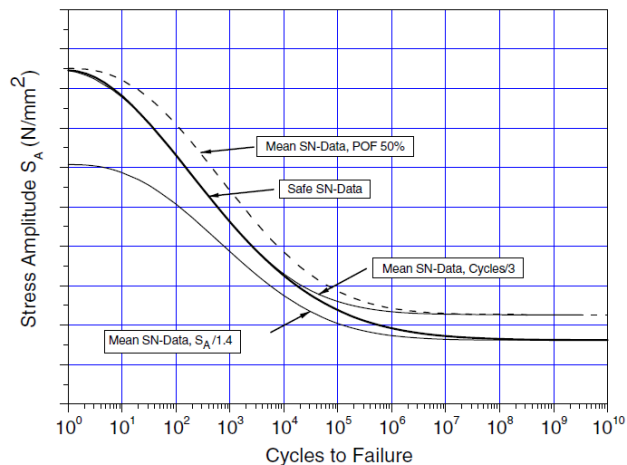


Figura 6 - Curve di Wöhler dell'Eurofighter Typhoon

Le prove strutturali a terra (Figura 7) sono fondamentali per l'individuazione delle zone critiche così da minimizzare il rischio di cricche e per l'Eurofighter sono state svolte sia sul prototipo, sia sul velivolo di produzione così da considerare anche i processi di fabbricazione.



Figura 7 - Prova strutturale a terra dell'Eurofighter Typhoon

La simulazione dei carichi applicati tengono in considerazione tutte le possibili variazioni di carico (aerodinamico e di inerzia) che possono influenzare la vita a fatica, incluso manovre, raffiche, operazioni di aerofreno, impatto di atterraggio, pressione della cabina e del serbatoio.

Nella Figura 8 è mostrato un esempio per il carico di prova di una manovra asimmetrica ottenuta da una simulazione al computer, rappresentata da casi di carico di prova definiti dagli intervalli di tempo da 1 a 4.

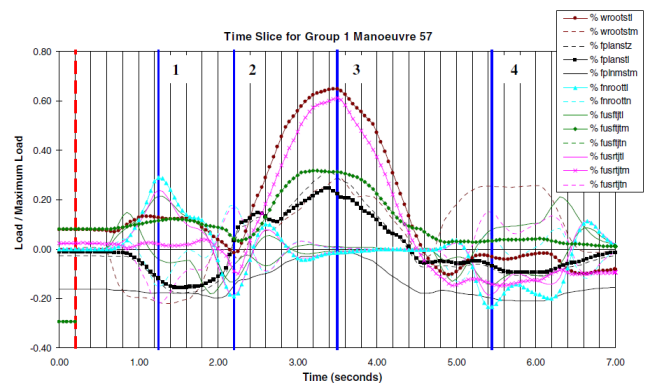


Figura 8 - Esempio di manovra asimmetrica per l'Eurofighter Typhoon

Tecniche di ispezione non distruttiva sono svolte periodicamente al fine di individuare cricche allo stadio iniziale.

V. Analisi Aerodinamica

È stata eseguita l'analisi aerodinamica attraverso il software ANSYS 19.2 per la valutazione dei seguenti parametri: pressione, temperatura e sforzo di taglio.

Lo studio è stato condotto facendo riferimento al CAD mostrato in Figura 9, ottenuto dal software Solid – works. La geometria così importata è stata utilizzata per l'analisi CFD (Computer Fluid Dynamics), ponendo come condizioni al contorno: angolo d'attacco nullo e aria come fluido in cui l'Eurofighter vola.

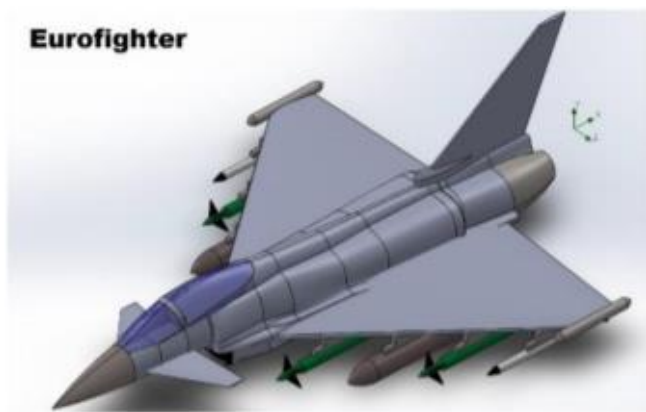


Figura 9 - Modello CAD dell'Eurofighter Typhoon

Le Figure 10a e 10b mostrano la distribuzione di pressione sulla superficie del velivolo relativamente ai numeri di Mach 1 e 1.8 che raggiunge valore massimo di 1.2×10^5 Pa in corrispondenza del nose e del bordo d'attacco dell'ala per poi decrescere verso la parte centrale della stessa (0.8×10^5 Pa).

Nel dettaglio, la Figura 10a mostra un andamento uniforme, se non con piccole variazioni, della distribuzione di pressione su tutta la superficie. Invece, la Figura 10b mostra come un incremento della velocità di volo porti ad una variazione della distribuzione di pressione che risulta pertanto non essere più uniforme: la sezione frontale del velivolo (cockpit, nose e parte dell'ala) sono sottoposte ad una pressione minima di 0.8×10^5 Pa; essa raggiungerà valore massimo di 2.7×10^5 Pa man mano che ci si muove lungo l'ala.

Le Figure 10c e 10d mostrano la distribuzione di temperatura del velivolo relativamente ai numeri di Mach 1 e 1.8.

Ad un numero di Mach unitario, la distribuzione risulta essere pressoché costante

in corrispondenza di molte parti del velivolo, inclusi cockpit, nose e stabilizzatore (340 K). È bene notare che i gas esausti del motore provocano un forte incremento di temperatura, ragion per cui il motore Eurojet è progettato per resistere a sforzi notevoli e bruschi incrementi di temperatura.

Non appena il numero di Mach cresce, in corrispondenza di un valore di 1.8, notiamo un'evidente variazione della distribuzione di pressione: i gas esausti si surriscaldano ed il calore innesca un incremento di temperatura fino a 510 K.

Naturalmente, a causa della forte resistenza, anche in prossimità del nose si manifesta un incremento di temperatura.

Le Figure 10e e 10f mostrano la distribuzione degli sforzi di taglio ove, la maggior parte della superficie è sottoposta ad un lieve sforzo di taglio di circa 20Pa. In maniera particolare, avendo il nose una geometria aguzza, l'aria non è in grado di stabilire un contatto sufficiente con la superficie.

L'area in prossimità del cockpit, bordo d'attacco dell'ala sono invece assoggettate ad un maggiore sforzo di taglio di 60Pa.

La Figura 10f mostra che ad un aumento della temperatura, corrisponde un aumento dell'area del cockpit sottoposta al forte sforzo di taglio e la distribuzione di quest'ultimo tende ad essere meno uniforme sullo stabilizzatore.

Il valore medio dello sforzo di taglio sulla superficie alare aumenta da 20Pa a 120 Pa, muovendoci lungo l'asse.

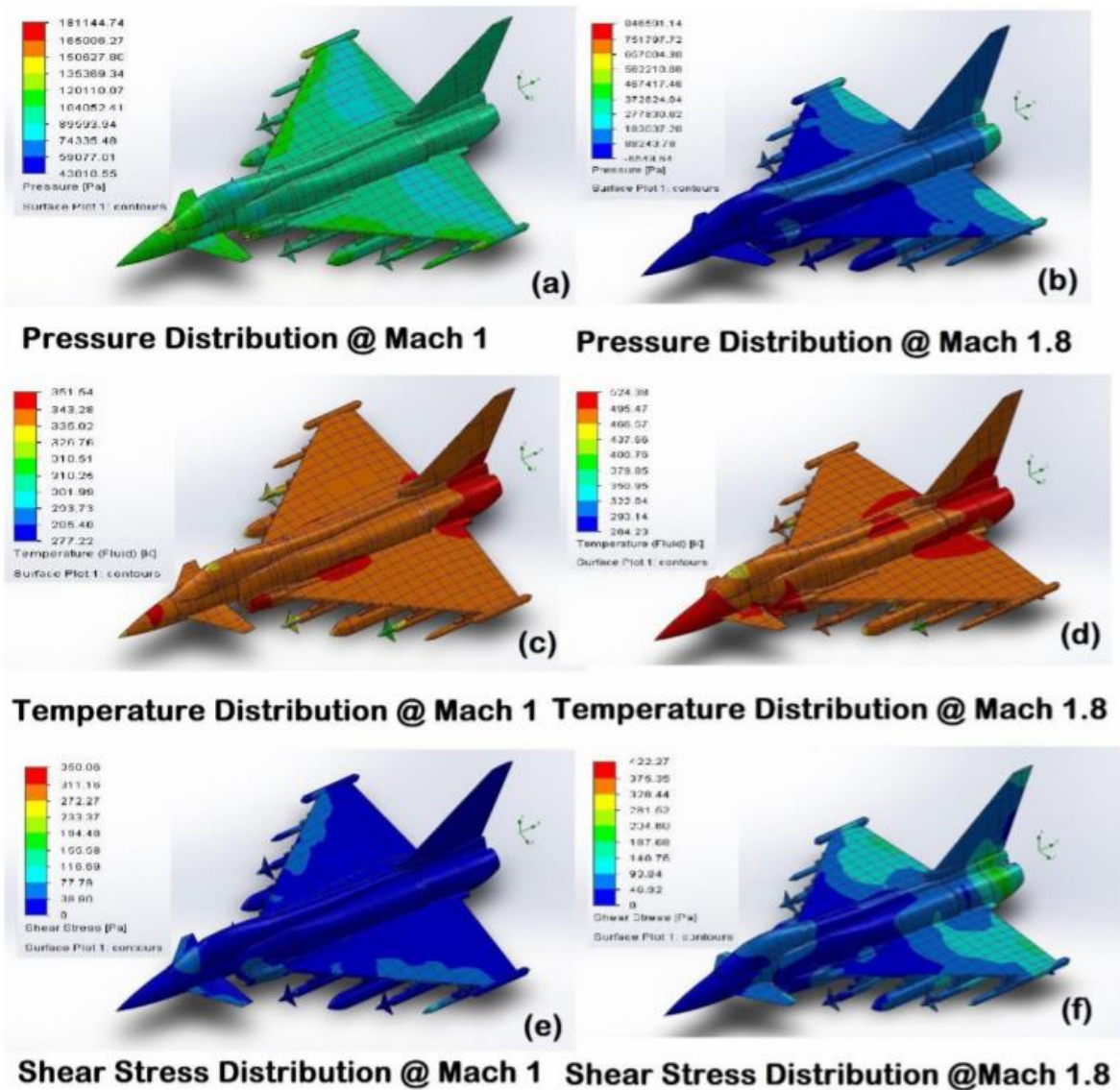


Figura 10 - Risultati dell'analisi CFD dell'Eurofighter Typhoon

VI. Conclusioni

Come definito nel Capitolo I, l'Eurofighter è un caccia multiruolo di quarta generazione; infatti, come osservato al Capitolo III, esso presenta le caratteristiche di base degli aerei di quarta generazione, ma con capacità potenziate fornite da tecnologie più avanzate.

I materiali compositi con cui è realizzato gran parte del velivolo per renderlo invisibile ai radar sono stati presi in esame al Capitolo IV sottoponendo il velivolo a prove di tipo strutturale, mentre al Capitolo V è stata effettuata l'analisi aerodinamica del velivolo per valutarne l'efficienza in base alla geometria scelta.

In conclusione, visti i notevoli risultati ottenuti dalle varie analisi, si potrebbe ben dire che l'Eurofighter è un velivolo di quarta generazione che si approssima bene alla quinta generazione.

Infatti, possiede le stesse caratteristiche di base degli aerei di quarta generazione, i quali sono stati sviluppati tra il 1970 e il 1990, enfatizzando la manovrabilità a discapito della velocità così da meglio assolvere al ruolo di caccia multiruolo; ma con capacità potenziate fornite da tecnologie più avanzate che potrebbero poi essere usate nei combattenti di quinta generazione, ove sono presenti avanzati sistemi avionici integrati che forniscono al pilota un quadro completo dello spazio di

battaglia e l'uso di tecniche di invisibilità a bassa osservabilità.

VII. Bibliografia

- B. B. Gloss and L. W. McKmney, "Canard-Wing Lift Interference Related to Maneuvering Aircraft at Subsonic Speeds," 1973.
- R. M. Howard and J. Kersh, Jr., "Effect of canard deflection on enhanced lift for a closecoupled-canard configuration," in 9th Applied Aerodynamics Conference, 1991.
- H. Tuncer and M. F. Platzer, "Computational Study of Subsonic Flow over a Delta Canard-Wing-Body Configuration," J. Aircr., vol. 35, no. 4, pp. 554–560, Jul. 1998.
- Jane's All the World's Aircraft 2004 – 2005 Paul Jackson, Jane's Information Group Limited, ISBN 0 7106 26142.
- Airplane Strength and Rigidity Reliability Requirements- Repeated Loads and Fatigue MIL-A-008866 (USAF).