



Università degli Studi di Trieste

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Laurea Magistrale: Ingegneria Civile

Corso : Infrastrutture Ferroviarie e Aeroportuali (494MI)



Lezione 08: Aeromobili e Aeroporti

Roberto Roberti

Tel.: 040 558 3588

E-mail: roberto.roberti@dia.units.it

Anno accademico 2025/2026



Obiettivi e Sommario

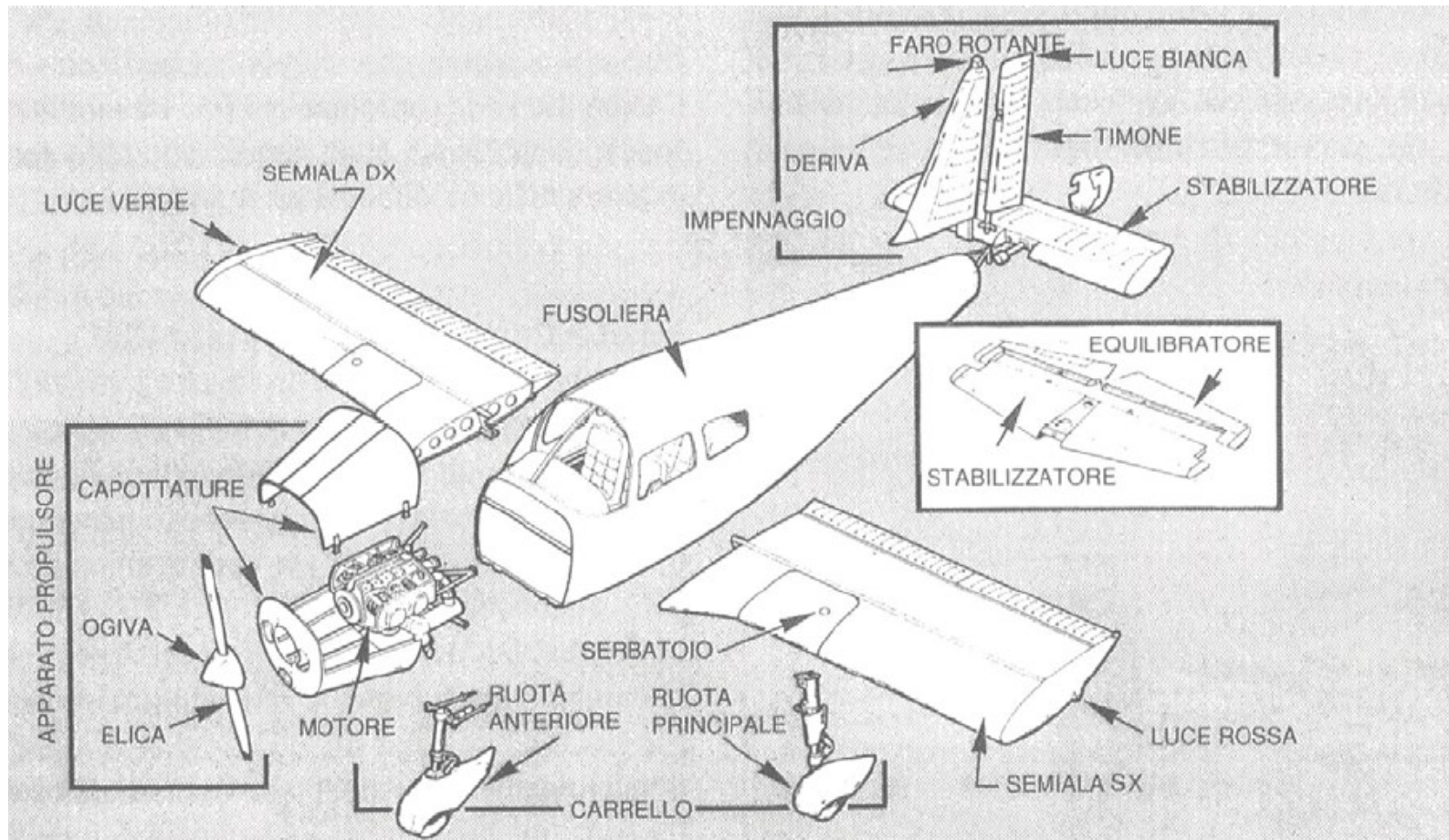
Obiettivi Lezione 08:

- Definire le caratteristiche degli aeromobili in relazione alle infrastrutture aeroportuali.

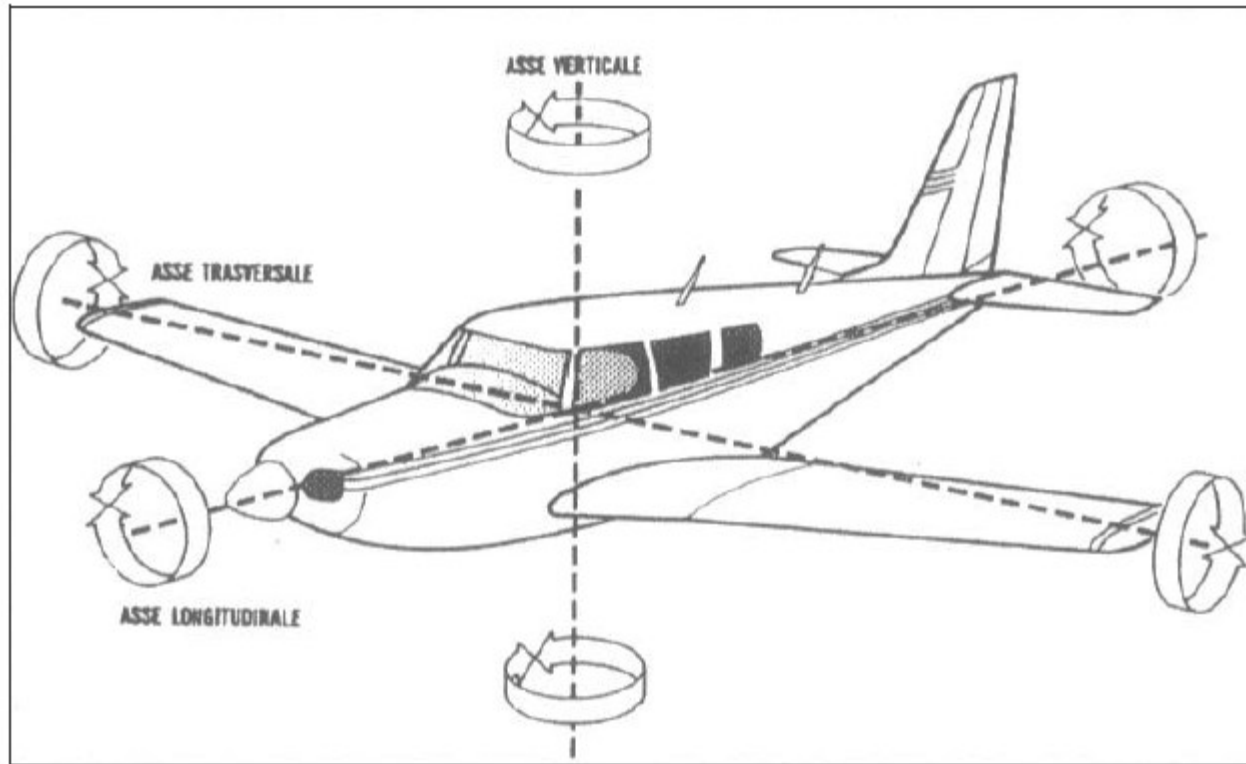
Sommario Lezione 08:

- Cenni meccanica del volo;
- Caratteristiche degli aerei;
- Pesi di un aereo;
- Classificazioni degli aeromobili;
- Evoluzione storica delle infrastrutture aeroportuali;
- Compatibilità tra aerei ed aeroporti;
- Gestione aeroportuale;
- Classificazioni aeroporti;
- Previsione della domanda di traffico aeroportuale.

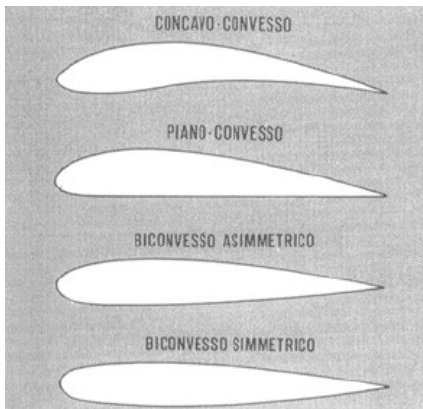
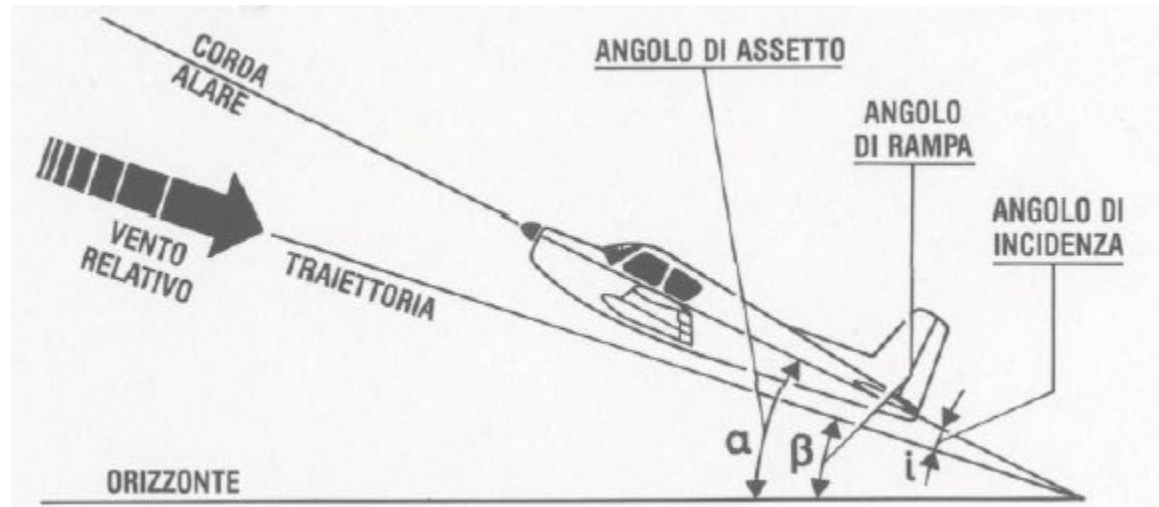
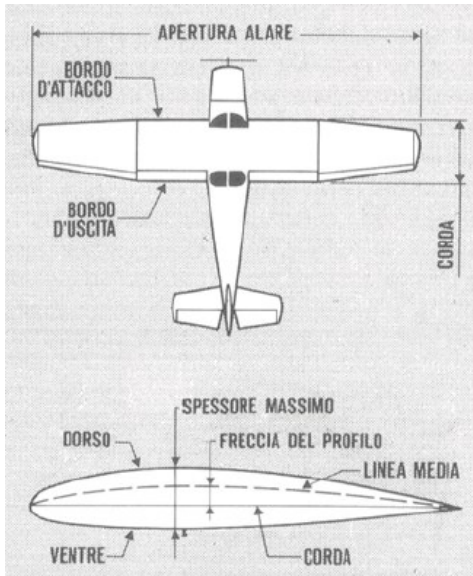
Caratteristiche Velivoli



Assi Velivoli

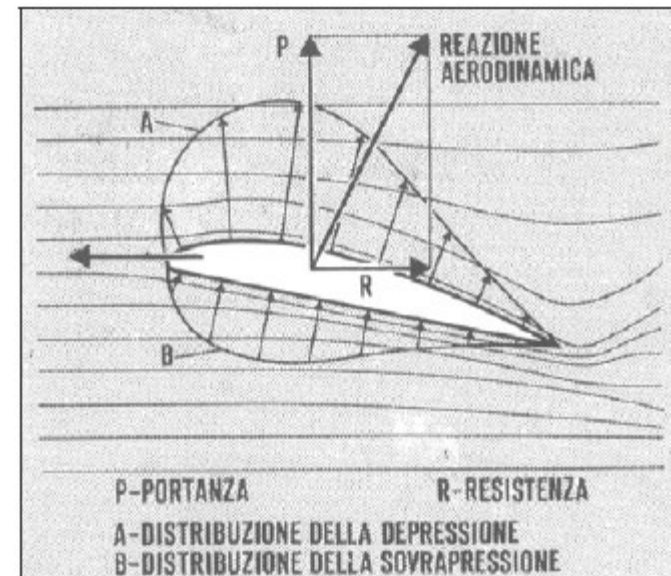
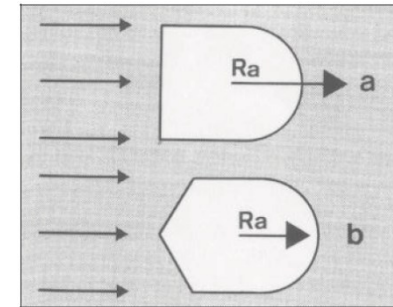
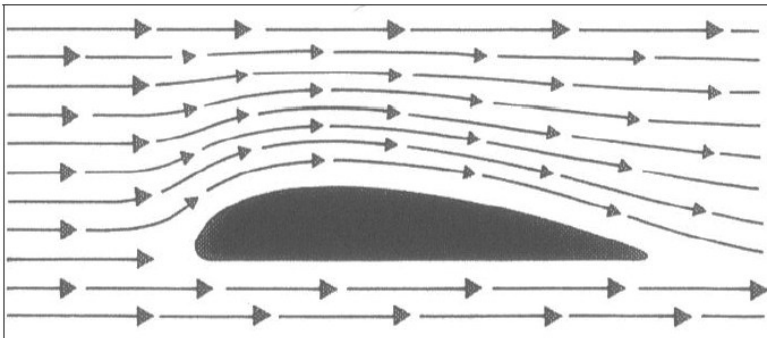
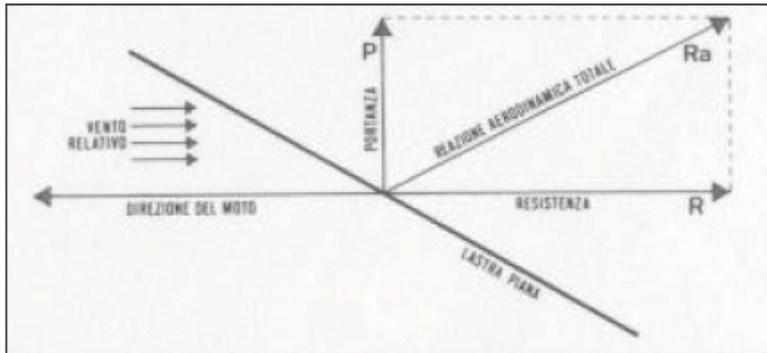


Caratteristiche delle ali

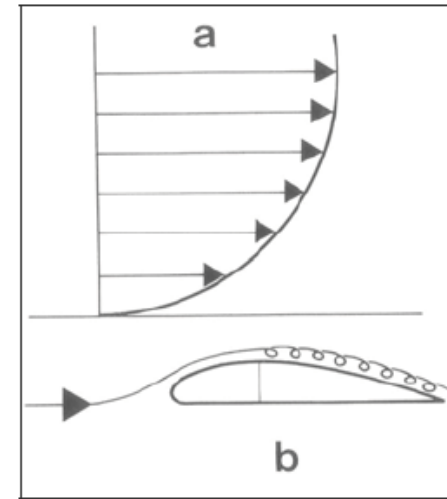
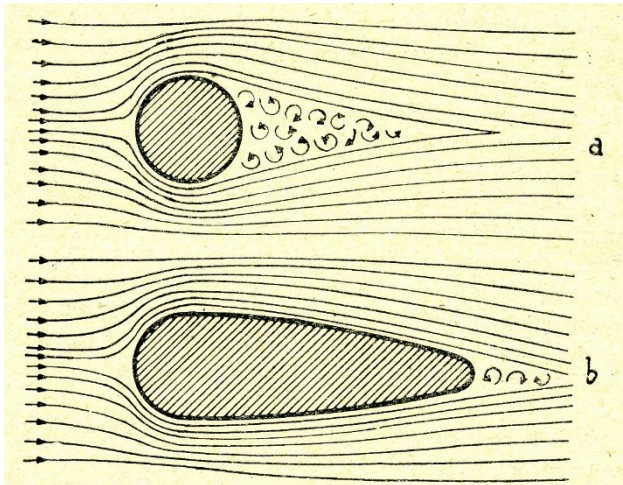


Reazione aerodinamica

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot C_f \cdot \rho \cdot S_m \cdot v^2$$

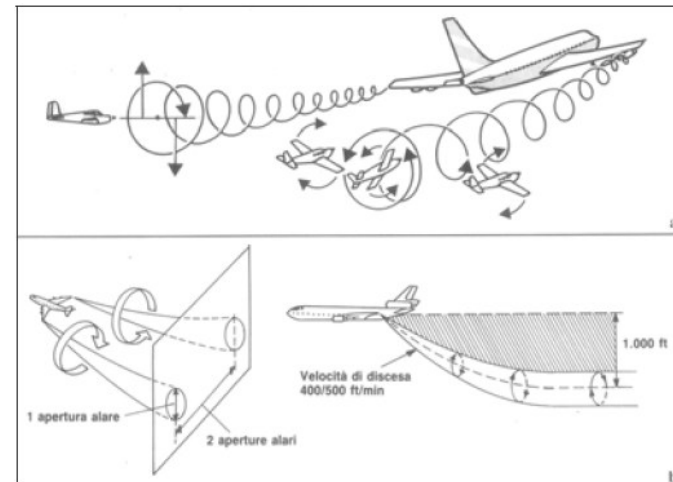
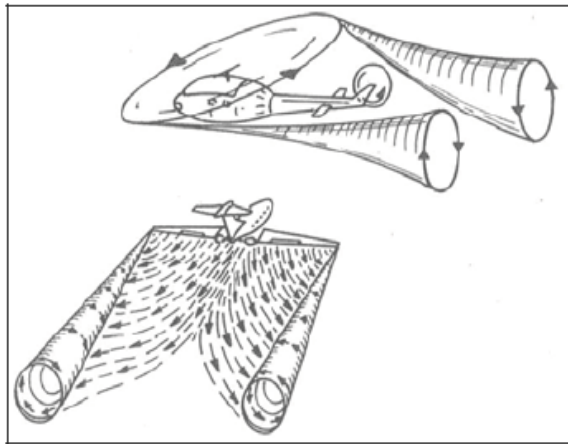
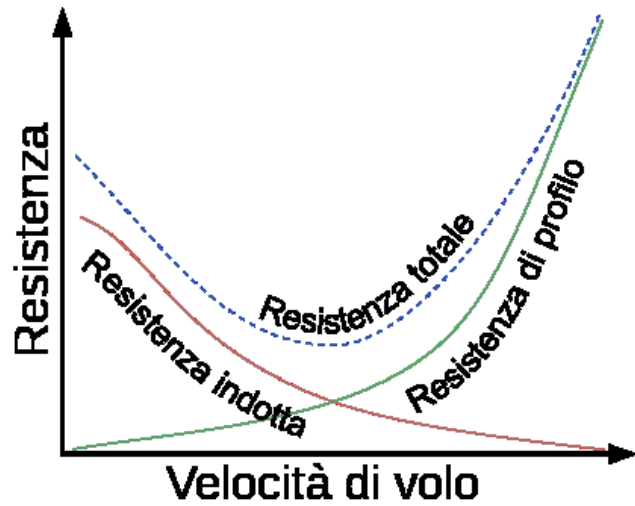


Resistenza aerodinamica di profilo

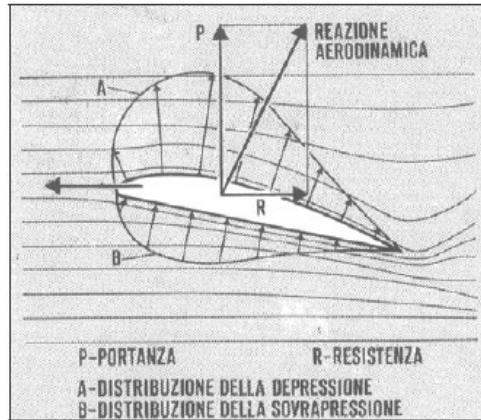


$$R = \frac{1}{2} \cdot C_r \cdot \rho \cdot S_m \cdot v^2$$

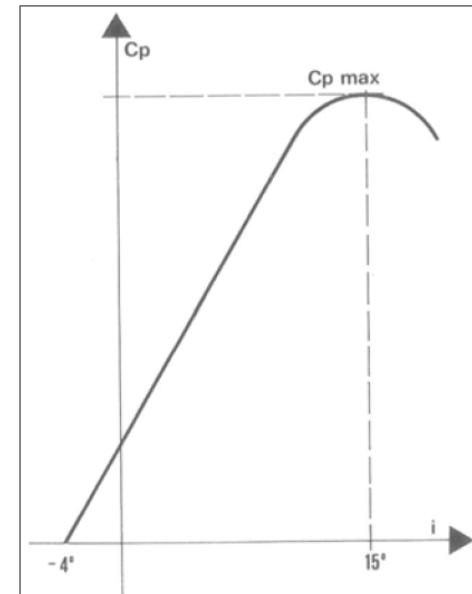
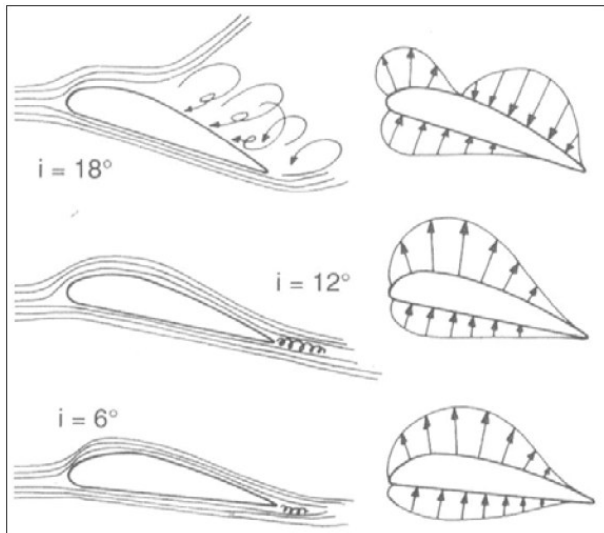
Resistenza indotta



Portanza (1)



$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot S_a \cdot v^2$$



Portanza (2)

$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot S_a \cdot v^2 \quad R = \frac{1}{2} \cdot C_r \cdot \rho \cdot S_m \cdot v^2$$

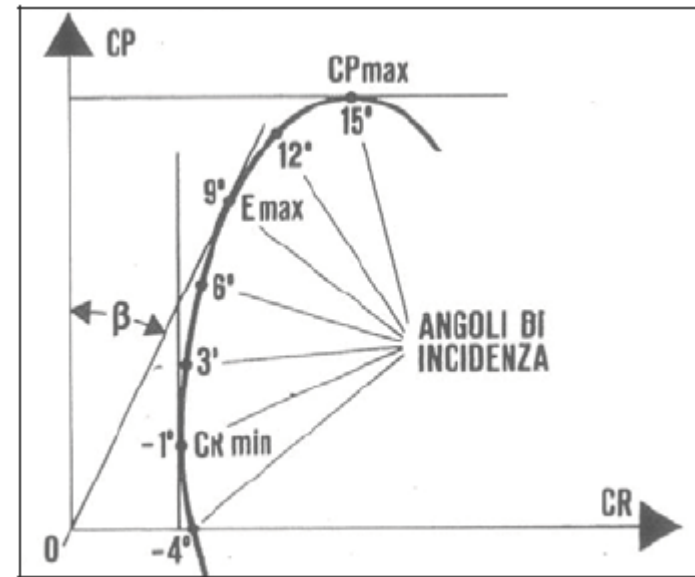
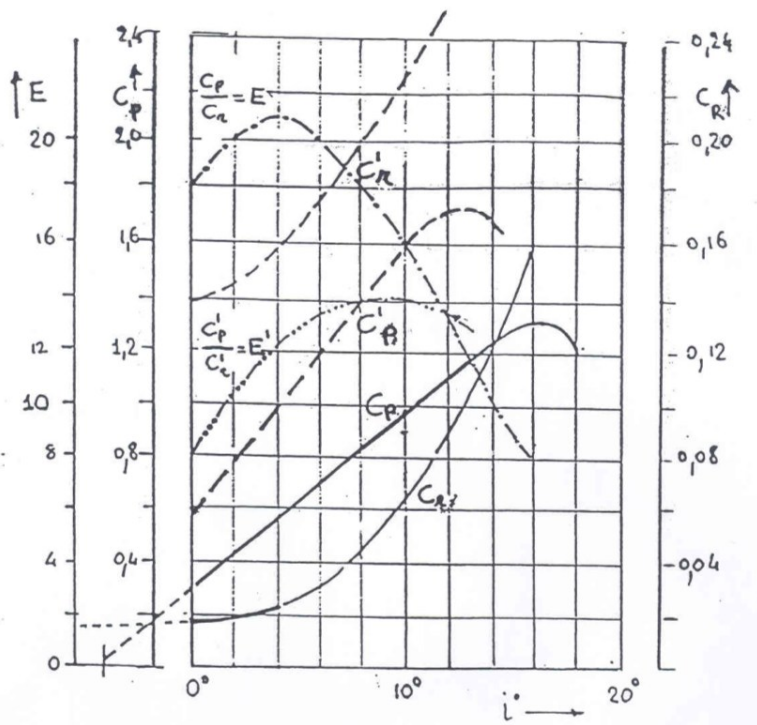
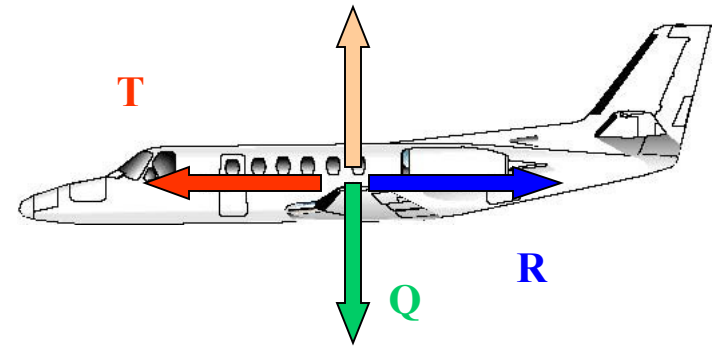
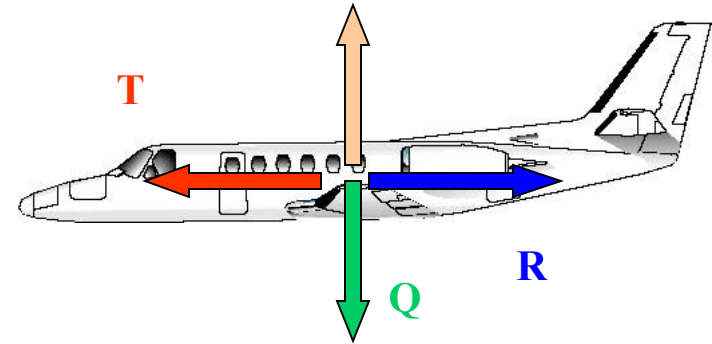
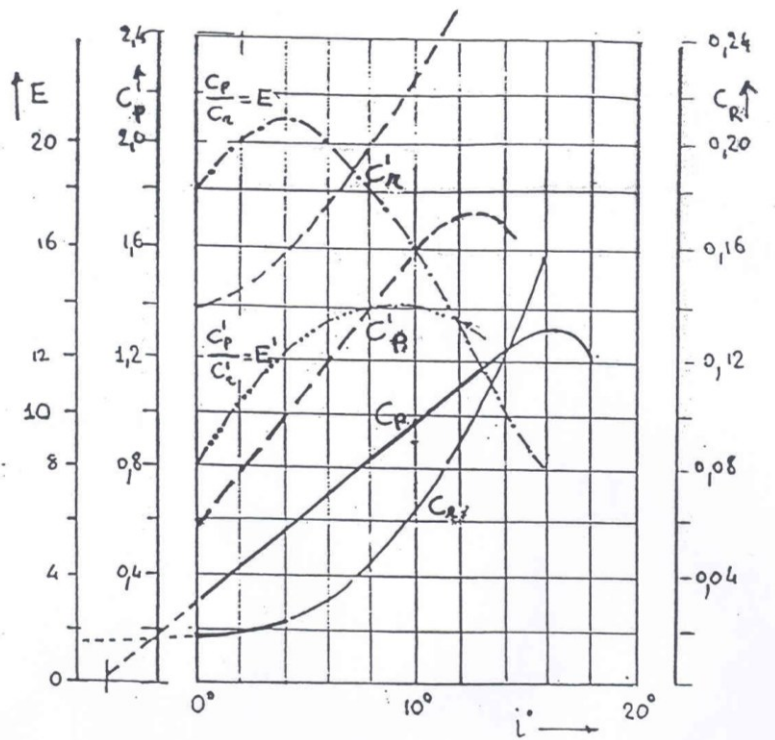


Figura 25: La polare dell'ala

Portanza (3)



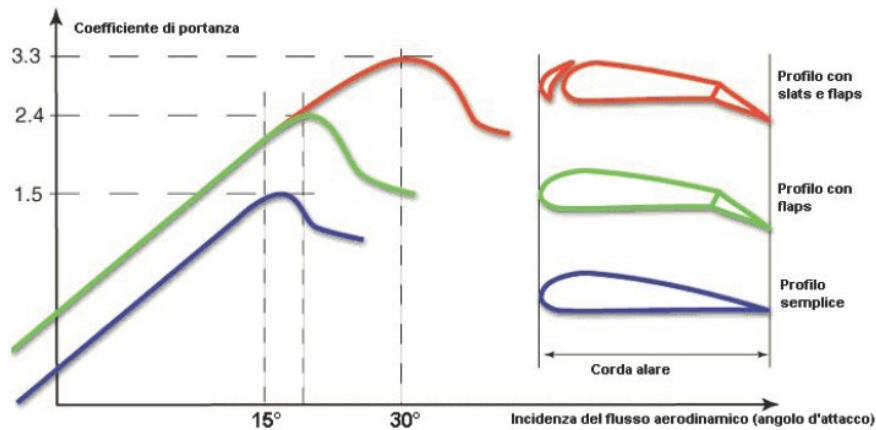
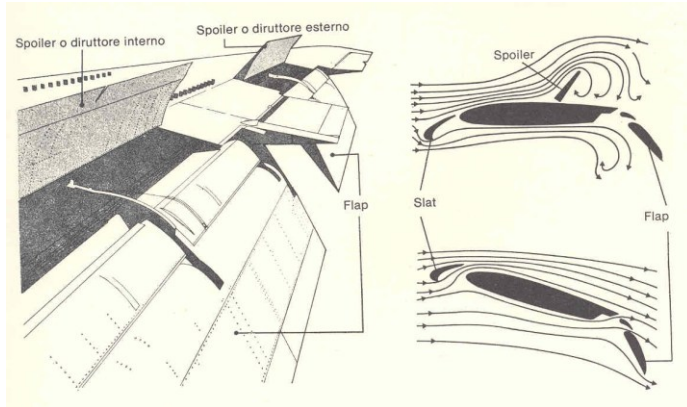
$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot S_a \cdot v^2 \quad R = \frac{1}{2} \cdot C_r \cdot \rho \cdot S_m \cdot v^2$$

$$Q = P = \frac{1}{2} \cdot C_{p,d} \cdot \rho \cdot S_a \cdot v_d^2 = \frac{1}{2} \cdot C_{p,c} \cdot \rho \cdot S_a \cdot v_c^2$$

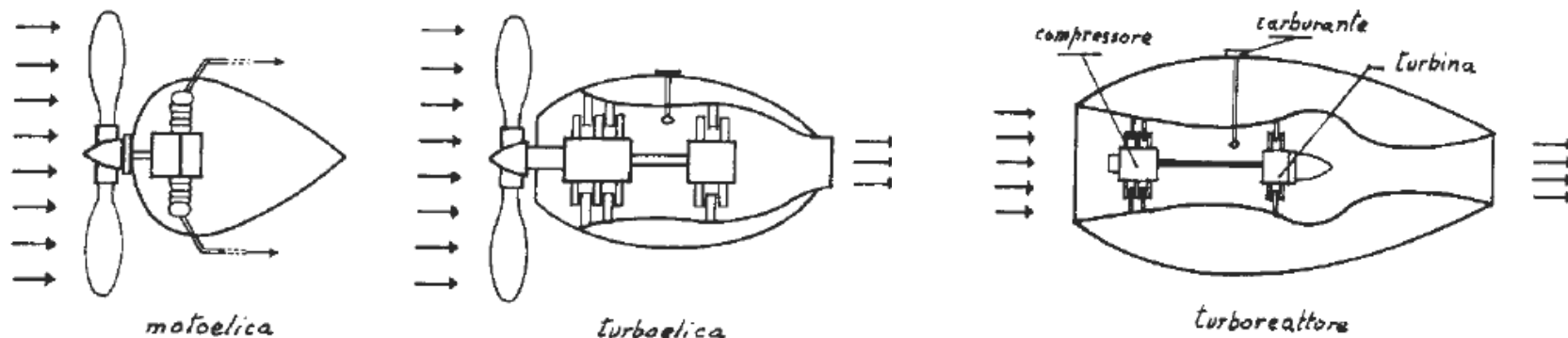
$$C_{p,d} \cdot v_d^2 = C_{p,c} \cdot (3,5 \cdot v_d)^2$$

$$\frac{C_{p,d}}{C_{p,c}} = (3,5)^2 = 12,25$$

Portanza (4)

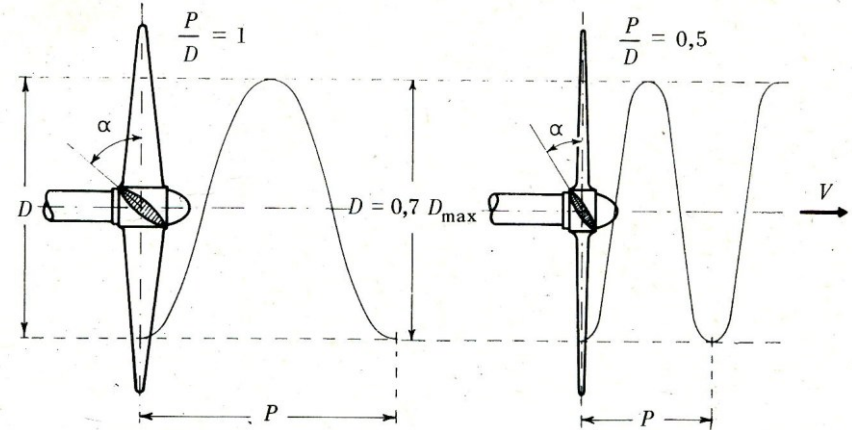
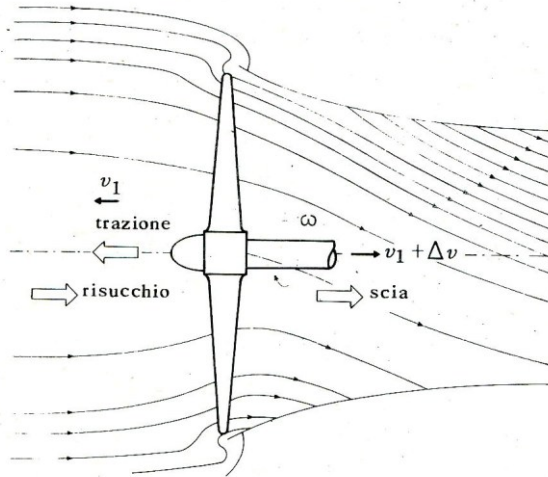


Sistemi propulsione (1)



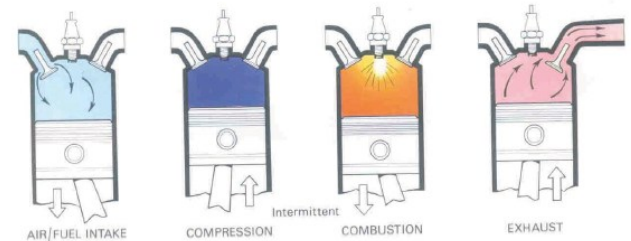
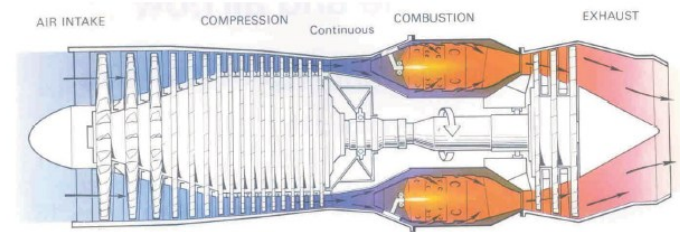
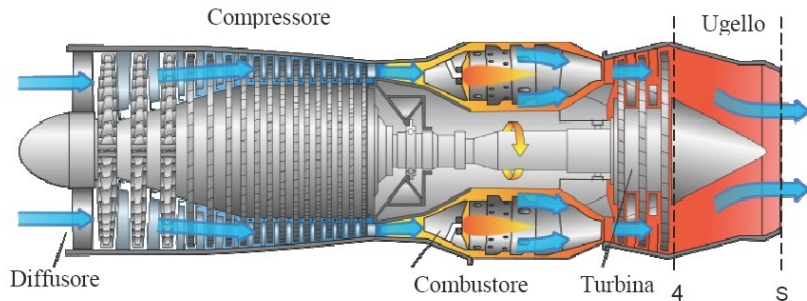
Tipologia motore	Range max peso al decollo	Range velocità di utilizzo	Range potenza espressa	Range spinta fornita	Consumo specifico caratteristico
Alternativo	Da circa 100 a 600 kg	Fino a circa 200 km/h	Fino a 100 hp		Fra 150 e 200 lt/h tonn
Turboelica	Da 0,5 a circa 30 tonn	Dai 300 ai 750 km/h	Fino a circa 5.000 hp		Fra 180 e 250 lt/h tonn
Turbofan	Da 5 fino a oltre 550 tonn	Dai 600 km/h a quasi 0,9 Mach (1.100 km/h)		Da 1 fino a 32 tonn	Fra 200 e 350 lt/h tonn
Turbojet**	Fino a 200 tonn	Fino a Mach 2,04 (2.200 km/h)		Fino a 20 tonn	Fra 300 e 500 lt/h tonn

Sistemi propulsione (2)

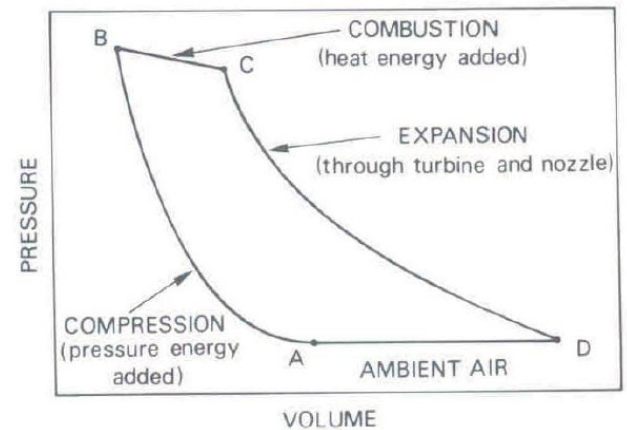
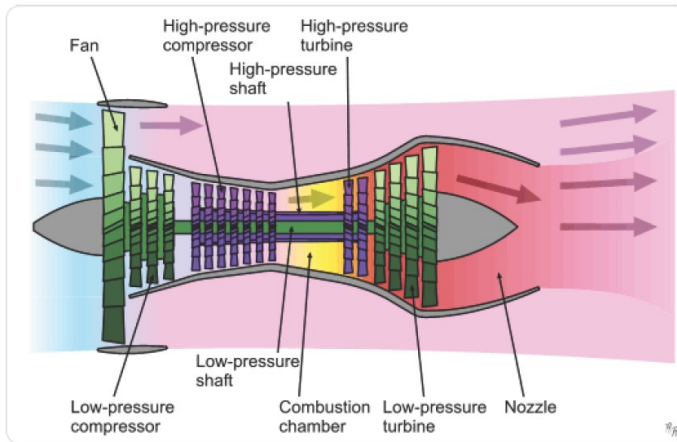


Sistemi propulsione (3)

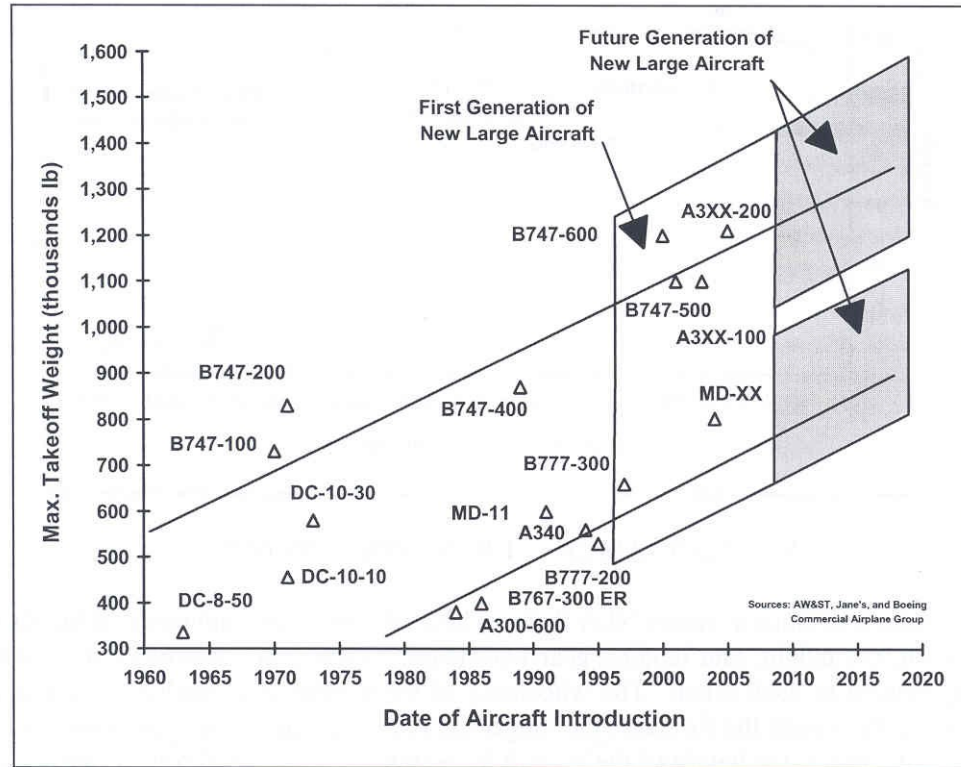
PROPULSORE A REAZIONE (O A GETTO) - Vista in sezione



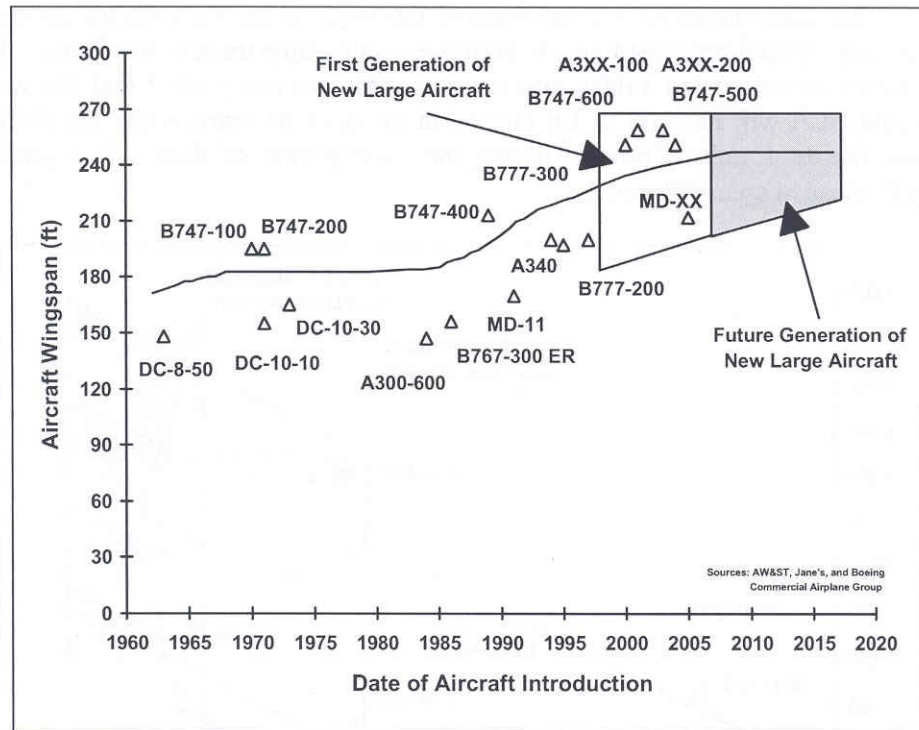
TURBOFAN – Vista in sezione



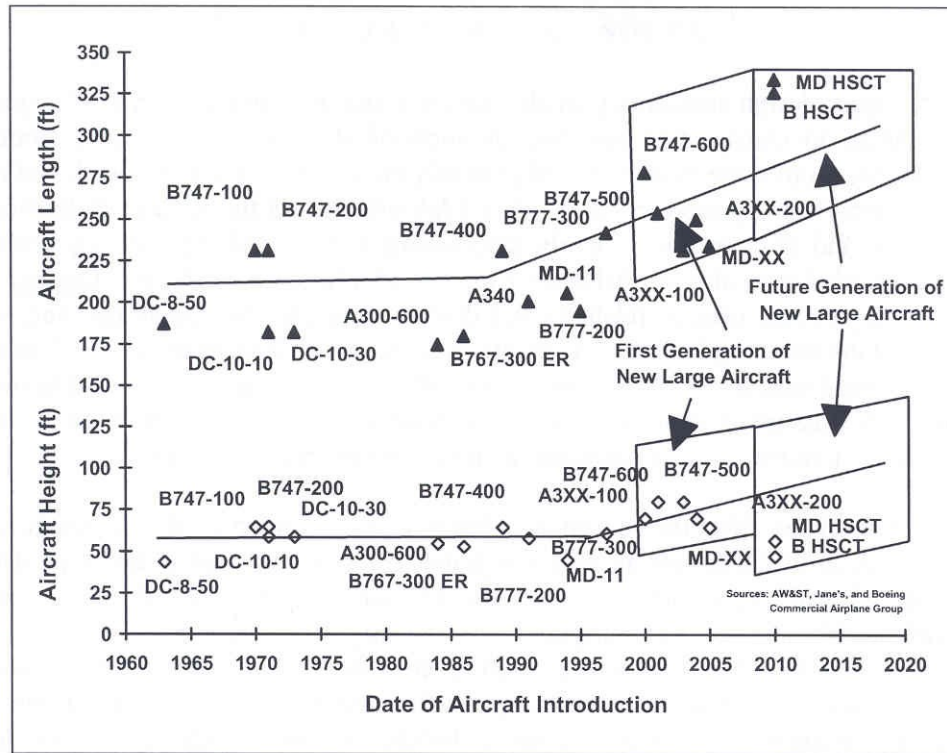
Evoluzione del Peso



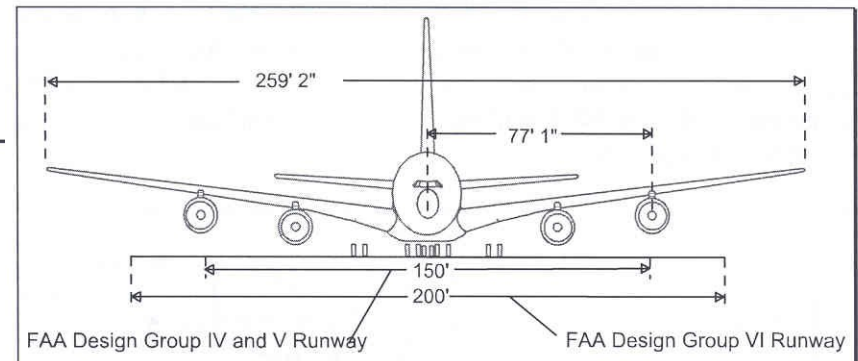
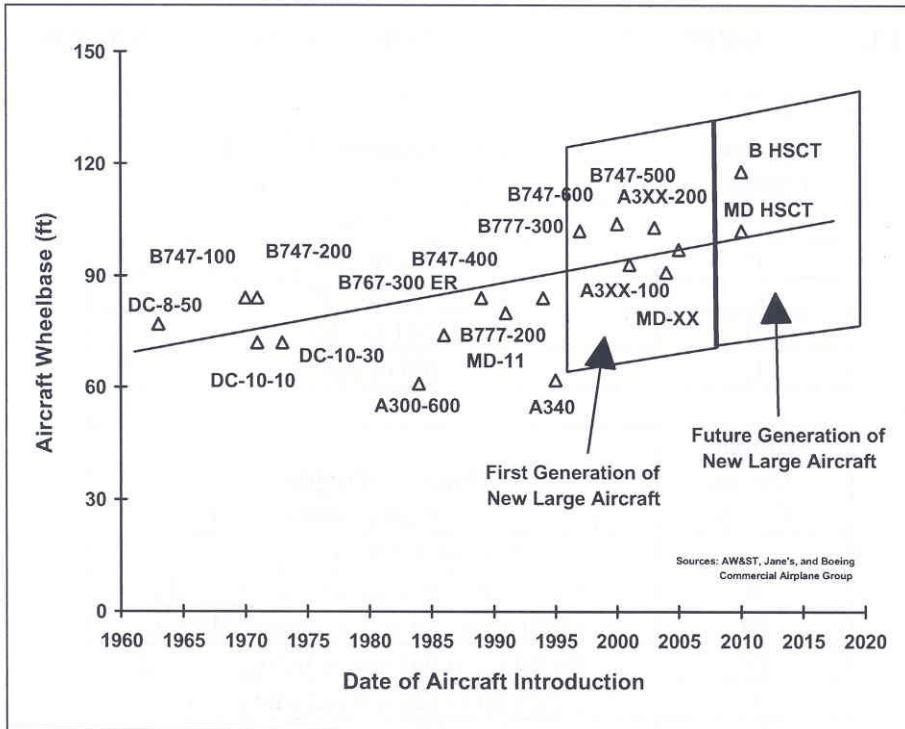
Evoluzione dell'apertura alare



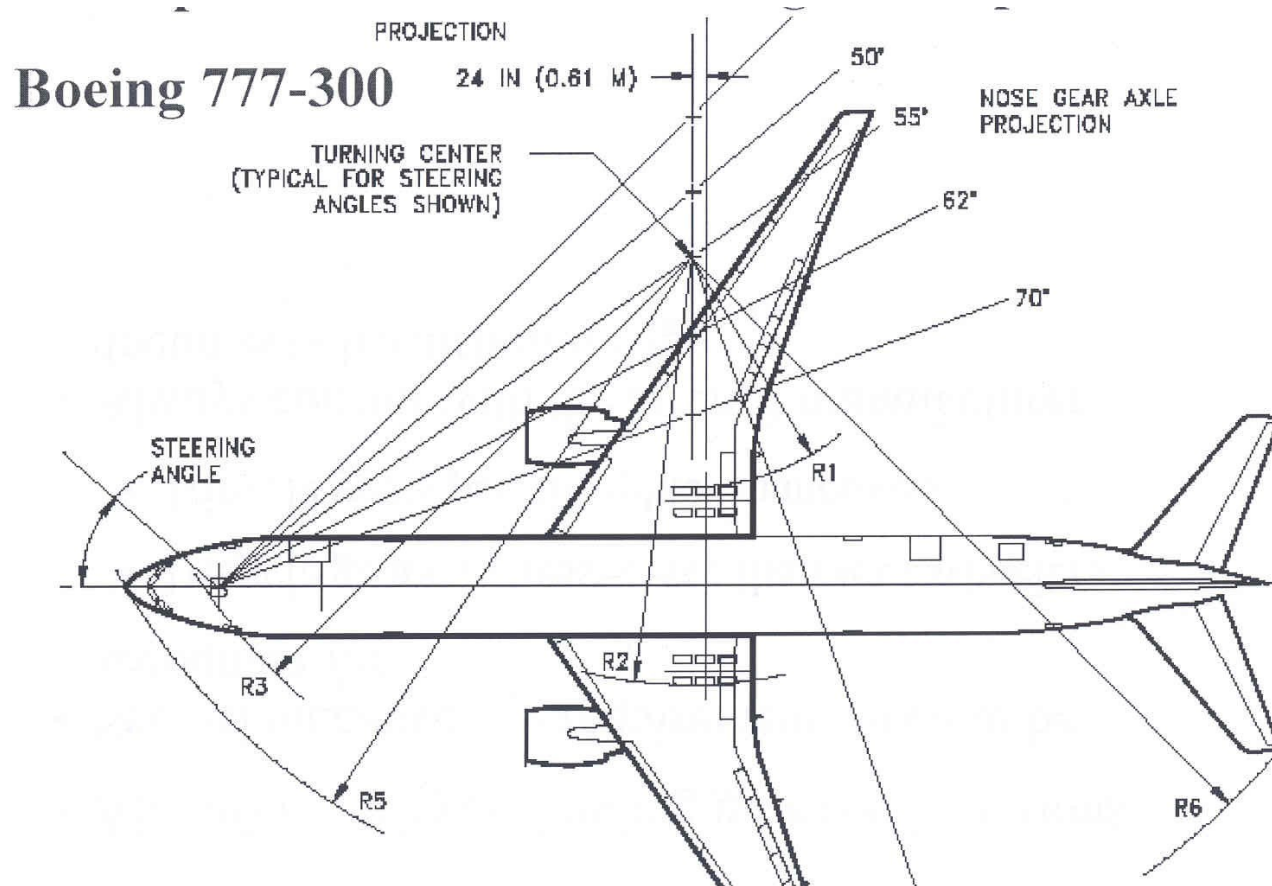
Evoluzione delle dimensioni



Evoluzione dei carrelli



Manovrabilità a terra

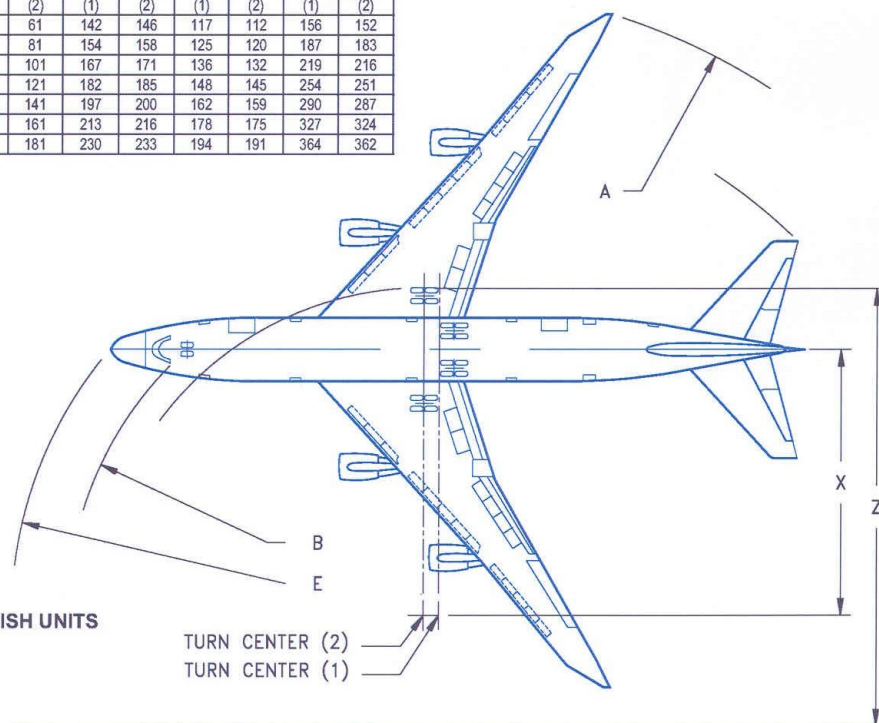


Caratteristiche del 747-400XQLR (1)

NOTE: CONSULT AIRLINE FOR OPERATING PROCEDURES												
X TURN RADIUS (FEET)	RADIUS (FEET)										Z (3) MINIMUM WIDTH FOR 180°TURN	
	A (4) WING TIP		B (3) NOSE GEAR		C (3) WING GEAR		D TAIL TIP		E NOSE			
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
40	163	165	96	91	61	61	142	146	117	112	156	152
60	182	184	106	102	81	81	154	158	125	120	187	183
80	201	202	119	115	101	101	167	171	136	132	219	216
100	220	222	133	130	121	121	182	185	148	145	254	251
120	240	241	149	146	141	141	197	200	162	159	290	287
140	259	260	166	163	161	161	213	216	178	175	327	324
160	279	280	183	181	181	181	230	233	194	191	364	362

- (1) BODY GEAR STEERING INOPERATIVE
 (2) WITH BODY GEAR STEERING
 (3) MEASURED TO OUTSIDE TIRE FACES
 (4) WINGSPAN AT 225 FT 3 IN

CLEARANCE RADII - ENGLISH UNITS
 MODEL 747-400X QLR



PRELIMINARY

797-AQ-0020
 3-28-02-DD

Caratteristiche del 747-400XQLR (2)

PRELIMINARY General Airplane Characteristics 747-400XQLR

Product
Development
Study

CHARACTERISTICS	UNITS	TODAY'S 747-400	747-400XQLR	747-400XQLRF(FREIGHTER)
MAX DESIGN	POUNDS	877,000	923,000	923,000
TAXI WEIGHT	KILOGRAMS	397,801	418,666	418,666
MAX DESIGN	POUNDS	875,000	921,000	921,000
TAKEOFF WEIGHT	KILOGRAMS	396,893	417,759	417,759
MAX DESIGN	POUNDS	652,000	652,000	666,000
LANDING WEIGHT	KILOGRAMS	295,742	295,742	302,093
MAX DESIGN ZERO	POUNDS	555,000	555,000	613,000
FUEL WEIGHT	KILOGRAMS	251,744	251,744	278,052
SPEC OPERATING	POUNDS	398,800 ⁽¹⁾	411,000 ⁽²⁾	364,300
EMPTY WEIGHT	KILOGRAMS	180,892	186,427	165,244
MAX STRUCTURAL	POUNDS	156,200	144,000	248,700
PAYLOAD	KILOGRAMS	70,851	65,317	112,808
SEATING	TWO-CLASS	524 = 42 FIRST + 482 ECONOMY	524 = 42 FIRST + 482 ECONOMY	----
CAPACITY	THREE-CLASS	416 = 23 FC + 78 BC + 315 EC	416 = 23 FC + 78 BC + 315 EC	----
MAX CARGO	CUBIC FEET	6,025 ⁽³⁾	5,599 / 4,837 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	27,467 ⁽⁶⁾
	CUBIC METERS	149	158.5 / 137.0	778
MAXIMUM FUEL CAPACITY	US GALLONS	57,065 ⁽⁷⁾	65,705 ⁽⁸⁾	53,765
	LITERS	216,014	248,710	203,523

Notes: (1) SPEC OPERATING EMPTY WEIGHT FOR BASELINE CONFIGURATION OF 400 PASSENGER ARRANGEMENT AND STANDARD ITEM ALLOWANCES; ROLLS ROYCE ENGINES. CONSULT WITH AIRLINE FOR SPECIFIC WEIGHTS AND CONFIGURATIONS.

(2) SPEC WEIGHT FOR BASELINE CONFIGURATION OF 416 PASSENGERS, EXPANDED TAIL TANK AND ONE BODY FUEL TANK / TWO BODY FUEL TANK (GE ENGINES). CONSULT WITH AIRLINE FOR SPECIFIC WEIGHTS AND CONFIGURATIONS

(3) MAX CARGO LOWER DECK CONTAINERS (30) LD-1'S; or 5,332 CU FT - (5) PALLETS, (14) LD-1'S + 1 PALLET BULK CARGO

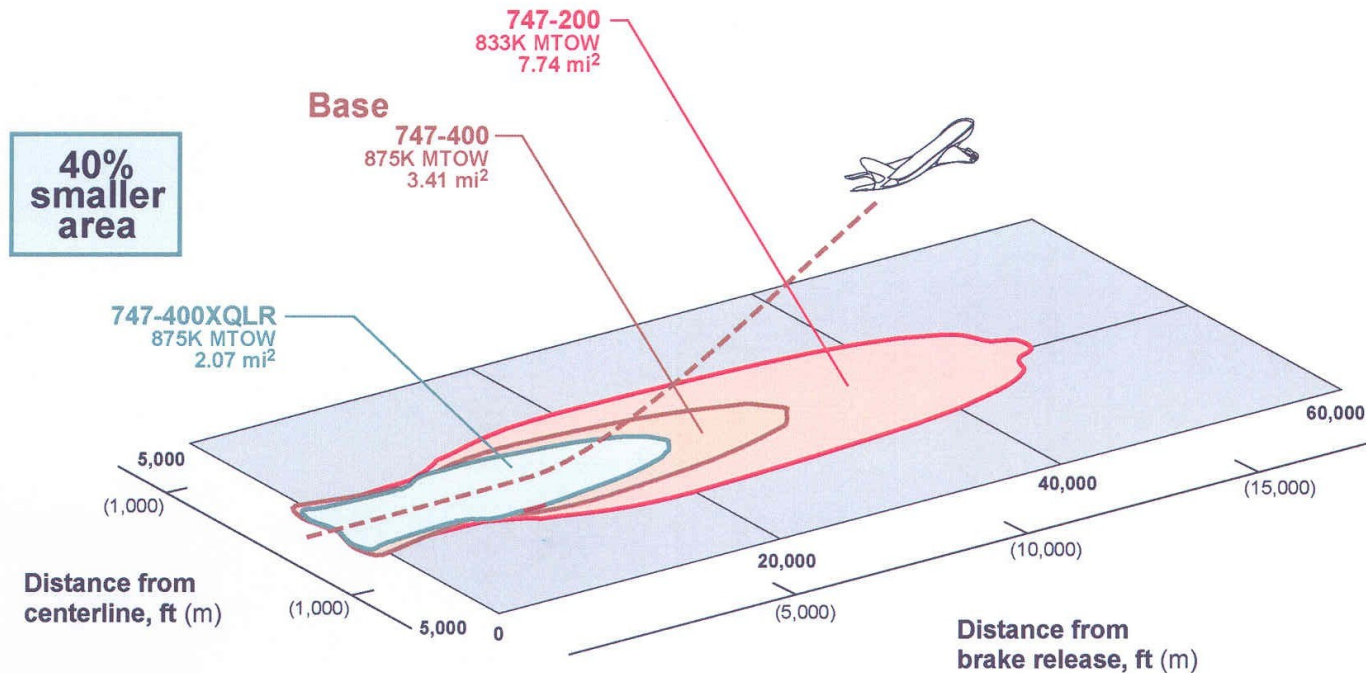
(4) FWD CARGO - (14) LD1'S/ 2422 CU FT TOTAL
AFT CARGO - (14) LD1'S/ 2422 CU FT TOTAL
BULK CARGO - 755 CU FT (449 CU FT WITH 2 OPTIONAL CONTAINERS)

(5) FWD CARGO - (4) 96" x 125" PALLETS / 1660 CU FT TOTAL
AFT CARGO - (14) LD1'S / 2422 CU FT TOTAL
BULK CARGO - 755 CU FT (449 CU FT WITH 2 OPTIONAL CONTAINERS)

(6) MAIN DECK - 21,347 CU FT (30 PALLETS, 96IN. X 125 IN);
(LOWER DECK - 5,600 CU FT (32 LD-1 CONTAINERS); BULK CARGO - 420 CU FT

(7) OPTIONAL TAIL FUEL OF 3,300 US GAL
(8) 5,500 USG (EXPANDED TAIL FUEL) AND TWO AUXILIARY BODY FUEL TANKS IN FWD LOWER CARGO HOLD; FUEL CAPACITY WITH ONE BODY TANK IS 60,495 US GAL (228,990L)

Caratteristiche del 747-400XQLR (3)



- 85-dBA contour comparison; takeoff with cutback; ICAO B

Pesi di un aereo (1)

A-LEGATO 1
~~manuale~~

CAPITOLO TERZO

PESO DI UN AEROPILANO

$$DTW = OEW + PYL + FW$$

1. - VALORI DI PESO CARATTERISTICI.

Maggiore è il peso di un aeromobile, maggiore è ovviamente, a parità di condizioni, la lunghezza di pista necessaria per decolli ed atterraggi. Esaminiamo allora da che cosa è costituito tale peso ed in che misura si può intervenire su di esso.

Il peso di un aereo pronto al decollo si può suddividere in:

1) peso operativo a vuoto (OEW da Operating Empty Weight o BOW da Basic Operating Weight) costituito da:

- a) peso della struttura dell'aeromobile;
- b) peso dell'equipaggio;
- c) peso del carburante non destinato al consumo e di ogni altro liquido o fornitura considerabile parte integrante dell'aeromobile in condizioni operative (ad eccezione del catering);

2) carico pagante (passeggeri, merce, posta);

(PYL)
(FW)

3) peso del carburante.

Per ragioni operative vengono definiti i « pesi caratteristici » qui di seguito specificati; il valore di ognuno di essi è riportato, per ogni aereo, anche sul rispettivo manuale *Airplane Characteristics - Airport Planning*.

- MRW, Maximum Ramp Weight (o MTW, Maximum Taxi Weight), è il peso massimo autorizzato per manovre al suolo;

- MTOW, Maximum Take-Off Weight, è il peso massimo ammissibile al decollo, di poco inferiore al MRW: ne differisce per il carburante destinato alle attese ed al rullaggio precedente il decollo;

- MLW, Maximum Landing Weight, è il peso massimo ammissibile all'atterraggio. Esso tiene conto delle sollecitazioni sviluppate nella struttura dell'aeromobile in occasione del touch-down;

- MSP, Maximum Structural Payload, rappresenta il massimo « carico pagante » (passeggeri e merci) imbarcabile;

- MZFW, Maximum Zero Fuel Weight, è il massimo peso ammissibile in assenza del carburante e degli altri liquidi (acqua per il motore a iniezione, olio, ecc.) connessi alla propulsione e destinati al consumo;

40

Capitolo terzo: peso di un aeroplano

Tipo aeromobile	N. passeggeri (disposizione standard)	MRW	MTOW	MLW	MZFW	MSP	UFC (in peso)	UFC MRW %	MSP MRW %
DC9-32	115	49,4	49,0	44,9	39,5	13,7	11,0	22	28
B727-200	134	84,1	83,6	70,1	62,7	18,4	24,9	30	22
B757-200	178	100,2	99,8	89,9	83,5	24,9	35,7	36	25
B767-200	211	137,0	136,1	122,5	112,5	31,6	47,3	35	23
A300-B4-101	269	153,9	153,0	134,0	124,0	35,8	46,6	30	22
DC8-63	259	162,4	161,0	117,0	104,1	32,3	73,8	45	20
DC10-30	270	253,1	251,7	182,8	166,9	48,3	110,4	44	19
B747-200B (tutto pax)	452	364,2	362,8	285,7	267,6	90,4	159,2	44	25

TAB. 1. - Pesi caratteristici di alcuni aeroplani, espressi in tonnellate: incidenza del carburante e del carico pagante sul peso totale

- UFC, Usable Fuel Capacity, rappresenta il massimo volume di carburante imbarcabile, con esclusione della quantità non usabile in quanto intrappolata nel motore e nei relativi circuiti.

Per fornire l'ordine di grandezza delle quantità di cui si parla, nella tabella 1 si riportano i suddetti pesi relativi ad alcuni modelli di aeromobile oggi in uso (per gli stessi modelli possono essere ammissibili valori di peso diverso, in funzione del tipo di motori in dotazione).

Da notare che MRW non è il massimo peso raggiungibile dell'aeromobile nell'ipotesi che si imbarcassero contemporaneamente le massime quantità di carico pagante, di carburante e di liquidi vari, ma rappresenta piuttosto il più alto valore di peso compatibile con la struttura dell'aeromobile che si appresta a iniziare il rullaggio per portarsi in posizione di decollo; esso scaturisce da valutazioni relative alle massime sollecitazioni ammissibili nelle strutture dell'aeromobile; sommando MZFW, UFC (in termini di peso) e MSP, si otterrebbe un carico totale comportante sforzi nella struttura dell'aeromobile in movimento generalmente superiori al consentito, tenendo conto dei fenomeni di « fatica ».

Come si nota dalla penultima colonna della tabella 1, il massimo valore di carburante usabile rappresenta una voce notevole nell'ambito del peso dell'aeromobile: orientativamente il MTOW di un aeromobile commerciale è costituito per circa il 30 % dal carburante (valori maggiori, fino al 45 %, si rilevano nel caso di velivoli in grado di effettuare tratte intercontinentali) e per circa il 20 % dal carico pagante. La quantità di carburante da imbarcare viene quindi limitata al necessario (con i dovuti margini di sicurezza) e stabilita dal pilota prima delle operazioni di rifornimento.

Nel caso dei turbogetti in volo strumentale essa si calcola ad esempio (bibl., 2) in base alla quantità necessaria a:

1) volare fino all'aeroporto di destinazione ed eseguire un avvicinamento ed un avvicinamento mancato;

2) portarsi sull'aeroporto alternato (da individuarsi prima di ogni partenza e da specificarsi nel piano di volo);

Pesi di un aereo (2)

- 3) volare per 30 minuti in un circuito di attesa a quota determinata (15 minuti sull'aeroporto di destinazione e 15 minuti sull'aeroporto alternato);
- 4) eseguire un avvicinamento ed un atterraggio sull'aeroporto alternato;
- 5) disporre in taluni casi, a discrezione del pilota, di un'ulteriore riserva di carburante che tenga conto di altre eventuali necessità (attese in pista, uso di impianti anti-ghiaccio, condizioni meteorologiche peggiori del solito, ecc.).

In alternativa alle condizioni su esposte, sono previste altre sequenze di eventualità a cui dover far fronte.

Da tutto ciò consegue che pur disponendo di una pista di lunghezza insufficiente a far decollare un certo aeromobile al MTOW, se l'aeroporto di destinazione è a distanza limitata (comporta quindi una ridotta quantità di carburante necessaria), può essere possibile imbarcare ugualmente la massima quantità di passeggeri e merce consentita da quel particolare aeromobile, ottenendo un TOW compatibile con la pista in uso. Sulle eventuali penalizzazioni del carico pagante gioca cioè un ruolo determinante la lunghezza della tratta da percorrere. È valido anche il viceversa: nel caso di lunghi percorsi, in base al carico pagante da dover garantire per motivi economici, si

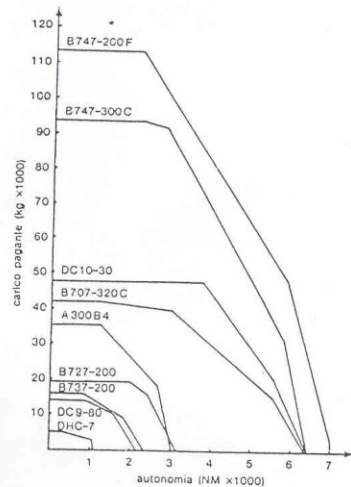


Fig. 1 - Curve «carico pagante (pay load) - autonomia (range)» di alcuni aeromobili commerciali (fonte: bibl., 2f)

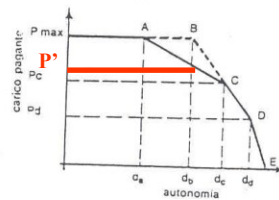


Fig. 2 - Schematizzazione dell'andamento «carico pagante-autonomia» per un aereo commerciale

risale alla più opportuna lunghezza delle tratte in cui frazionare il collegamento da effettuare; esse saranno tali da non richiedere singolarmente quantità di carburante comportanti limitazioni inopportune in termini di passeggeri e merci imbarcabili.

Nella fig. 1 è chiaramente rilevabile il notevole incremento di autonomia al diminuire del carico pagante da trasportare (e quindi all'aumentare del carburante imbarcabile) per alcuni aeromobili commerciali.

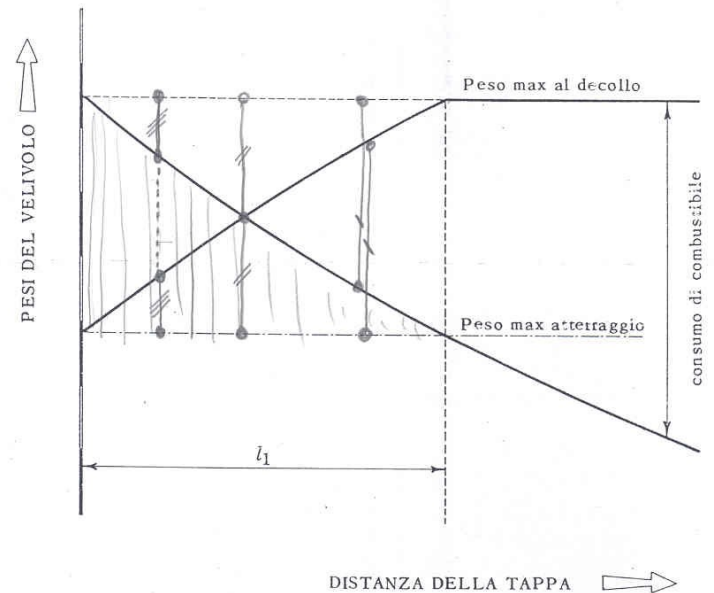
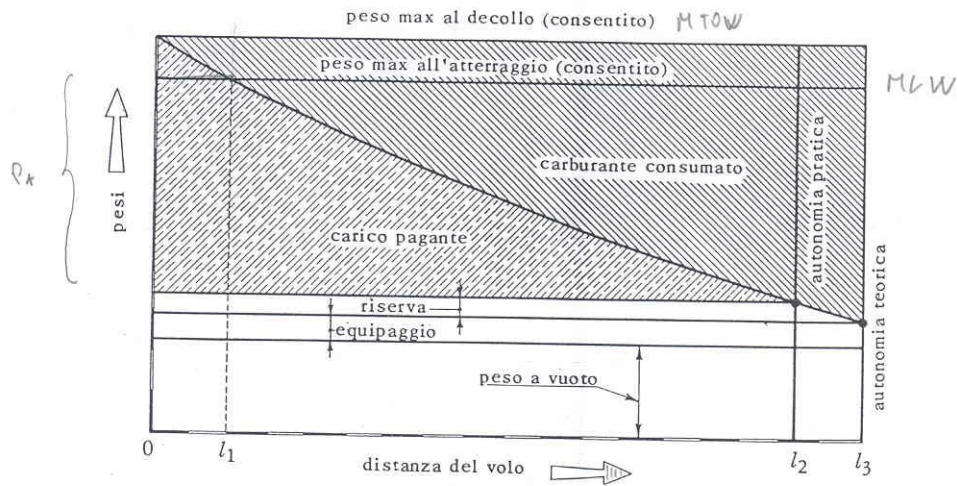
È interessante esaminare il tipico andamento delle curve «carico pagante-autonomia» schematizzato in fig. 2:

- da rappresenta la massima distanza teoricamente percorribile da un aeroplano con il massimo carico pagante. Per percorrere la distanza d_1 con il carico pagante P_{max} un aereo dovrebbe decollare al MTOW strutturale, senza però riempire totalmente i serbatoi di carburante;
- da rappresenta la massima distanza percorribile con i serbatoi completamente riempiti di carburante; anche tale eventualità richiede un decollo effettuato al MTOW strutturale. Il corrispondente carico pagante trasportabile è P_d , molto minore di P_{max} ; per aumentare cioè la autonomia da d_1 a d_2 si è dovuto diminuire il carico pagante, a favore del carburante, da P_{max} a P_d ;
- il punto E individua la massima distanza percorribile da un aereo senza carico pagante;
- il segmento AC indica la necessità di limitare il carico pagante, superata una certa quantità di carburante da imbarcare, per motivi di peso strutturale all'atterraggio.

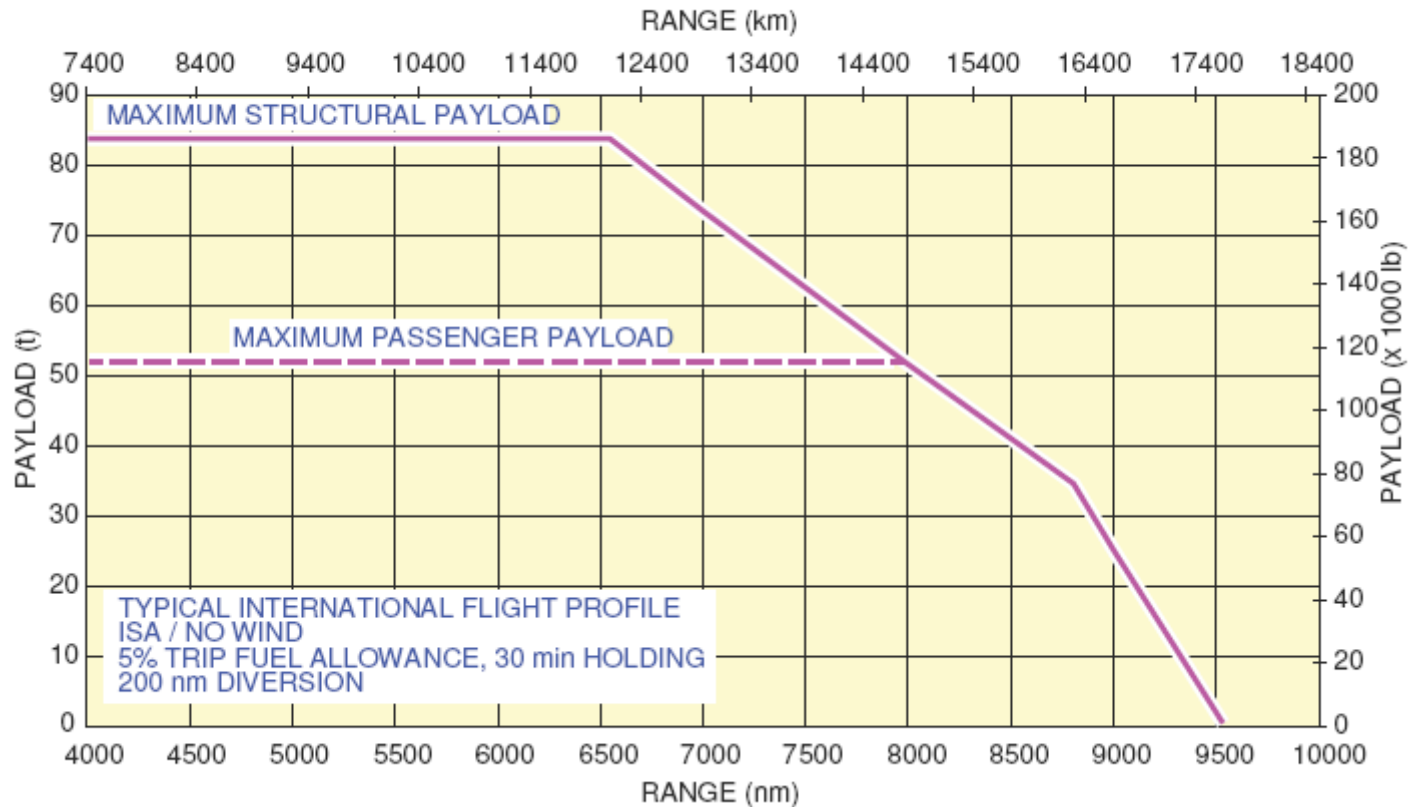
TABELLA III.2 — Ripartizione del peso totale di un aereo (valori medi).

			Aerei per lunghe tappe	Aerei per medie tappe	Aerei per corte tappe
			LC	MC	CC
Peso massimo al decollo	Peso all'atterraggio	Peso operativo a vuoto	43%	56%	66%
		Carico utile (MSP)	10%	16%	24%
		Riserva di carburante	5%	4%	4%
		Carburante per il volo (UFC)	42%	24%	6%
Peso totale massimo dell'aereo (MRW)			100%	100%	100%

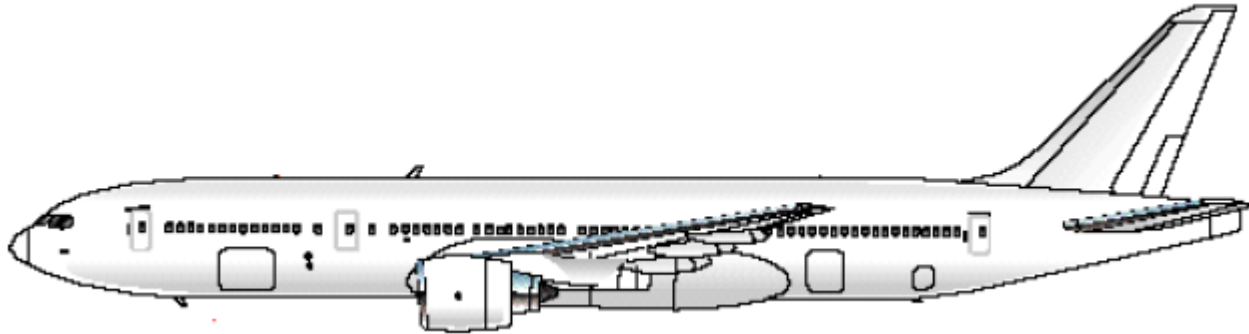
Pesi di un aereo (3)



Pesi di un aereo (4)

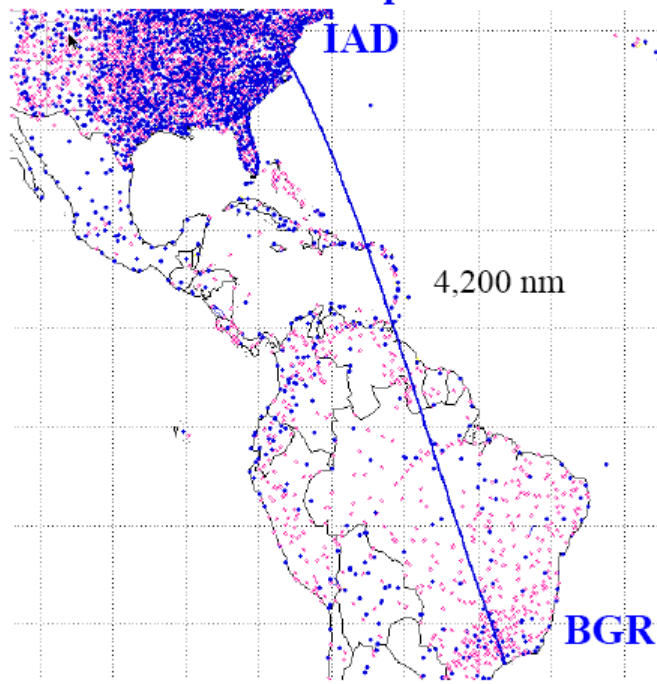


Esempio di calcolo (1)



Boeing 777 – 200 con MRW = 592.000 lb = 268.480 kg

$$DTW = OEW + PYL + FW$$



Esempio di calcolo (2)

CHARACTERISTICS	UNITS	BASELINE AIRPLANE			HIGH GROSS WEIGHT OPTION		
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	508,000	517,000	537,000	582,000	592,000	634,500
	KILOGRAMS	230,450	234,500	243,500	263,640	268,480	287,800
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	506,000	515,000	535,000	580,000	590,000	632,500
	KILOGRAMS	229,500	233,600	242,630	263,030	267,500	286,900
MAX DESIGN LANDING WEIGHT	POUNDS	441,000	445,000	445,000	460,000	460,000	460,000
	KILOGRAMS	200,050	201,800	201,800	208,700	208,700	208,700
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT	POUNDS	420,000	420,000	420,000	430,000	430,000	430,000
	KILOGRAMS	190,470	190,470	190,470	195,000	195,000	195,000
SPEC OPERATING EMPTY WEIGHT (1)	POUNDS	298,900	298,900	299,550	304,500	304,500	304,500
	KILOGRAMS	135,550	135,550	135,850	138,100	138,100	138,100
MAX STRUCTURAL PAYLOAD	POUNDS	121,100	121,100	120,450	125,550	125,550	125,550
	KILOGRAMS	54,920	54,920	54,620	56,940	56,940	56,940
SEATING CAPACITY (1)	TWO-CLASS	375 - 30 FIRST + 345 ECONOMY					
	THREE-CLASS	305 - 24 FIRST + 54 BUSINESS + 227 ECONOMY					
MAX CARGO - LOWER DECK	CUBIC FEET	5,656(2)	5,656(2)	5,656(2)	5,656(2)	5,656(2)	5,656(2)
	CUBIC METERS	160.3 (2)	160.3 (2)	160.3 (2)	160.3 (2)	160.3 (2)	160.3 (2)
USABLE FUEL	US GALLONS	31,000	31,000	31,000	45,220	45,220	45,220
	LITERS	117,300	117,300	117,300	171,100	171,100	171,100
	POUNDS	207,700	207,700	207,700	302,270	302,270	302,270
	KILOGRAMS	94,240	94,240	94,240	137,460	137,460	137,460

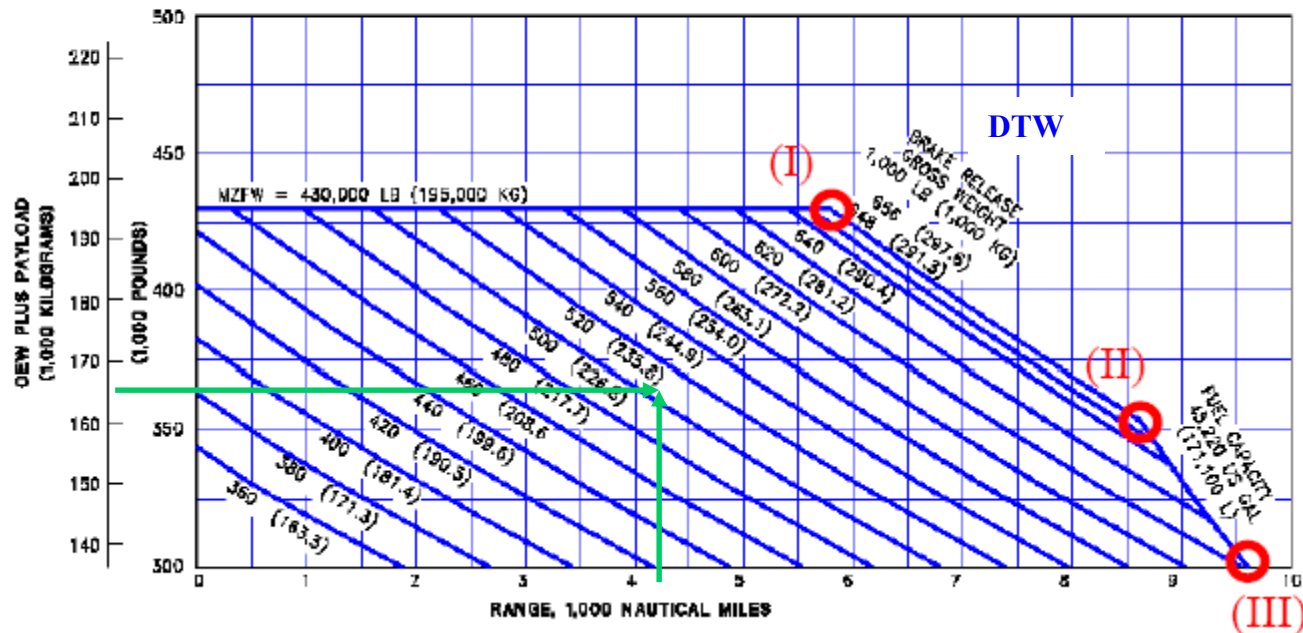
OEW = 304.500 lb = 138.100 kg PYL = 305 pax * (200 lb / pax) = 61.000 lb = 27.727 kg

OEW + PYL = 365.500 lb = 165.827 kg

Esempio di calcolo (3)

NOTES:

- * STANDARD DAY, ZERO WIND
- * 0.84 MACH STEP CRUISE
- * TYPICAL MISSION RULES
- * NORMAL POWER EXTRACTION AND AIR CONDITIONING BLEED
- * CONSULT USING AIRLINE FOR SPECIFIC OPERATING PROCEDURE AND OEW PRIOR TO FACILITY DESIGN



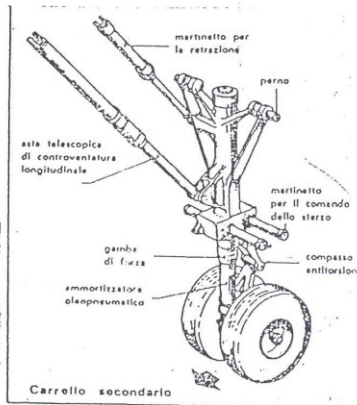
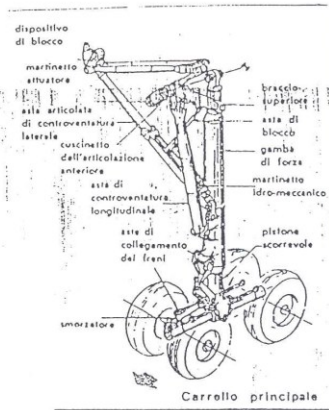
$$FW = DTW - OEW - PYL$$

$$DTW = 230.000 \text{ kg}; OEW + PYL = 365.500 \text{ lb} = 165.827 \text{ kg}; FW 64.173 \text{ kg}$$

Carrelli di un aereo (1)

disposizione delle ruote	denominazione
	RUOTA SINGOLA
	RUOTE GEMELLE
	TANDEM
	DOPPIO TANDEM
	RUOTE GEMELLE QUADRUPLE

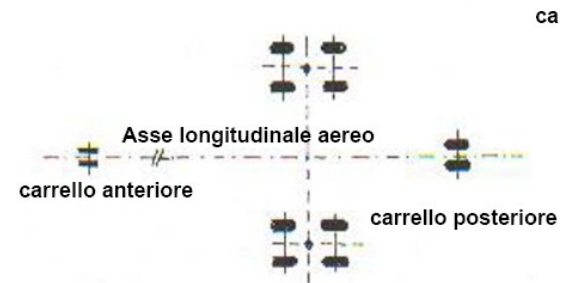
Fig. 31 - Disposizioni più comuni delle ruote, per gamba di forza



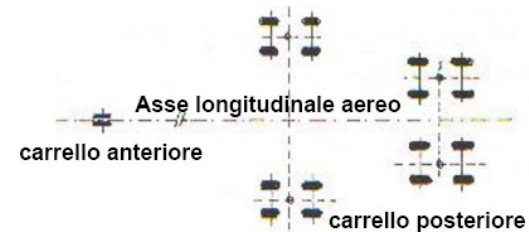
CARRELLO TRICICLO



CARRELLO QUADRICICLO



CARRELLO PENTACICLO

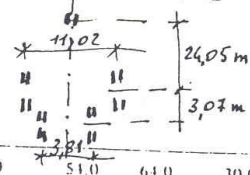


Carrelli di un aereo (2)

Main Landing Gear Dimensions—Typical Transport Aircraft

Main landing gear configuration	Aircraft type	Dimensions (in.)				Typical inflation pressures (lb/in. ²)
		X	Y	Z	U	
	DC-9	25.0 (63 cm)				152 (10.4 kg/cm ²)
	B-737	30.5				148
	B-727	34.0 (86 cm)				168
	DC-8-61	30.0	55.0			188
	DC-8-62	32.0	55.0			187
	DC-8-63	32.0	55.0			196
	DC-10-10 (437 cm)	54.0	64.0 (162 cm)			173 (12.2 kg/cm ²)
	B-720R	32.0	49.0			145
	B-707-120R	34.0	56.0			170
	B-707-320R	34.6	56.0			180
	Concorde	26.4	65.7			184
	A 300R (89 cm)	35.0	55.0 (140 cm)			168 (11.3 kg/cm ²)
	747A (112 cm)	44.0	58.0	121.2	142.0	204 (14.3 kg/cm ²)
	747, B, C, F	44.0	58.0	121.2	142.0	185 (13.0 ")
			(147 cm)	(307 cm)	(360 cm)	
	DC-10-30	54.0	64.0	30.0	216.0	157*
	DC-10-40	54.0	64.0	30.0	216.0	165†

Dimensioni carrelli (misure in pollici)



In fig. 32 è stato rappresentato un carrello secondario a ruote gemelle ed una gamma di forze del carrello principale, con disposizione delle ruote a doppio tandem, appartenenti all'aereo da trasporto a medio raggio Airbus A 300 B. Questo carrello è di tipo tradizionale, tricycle

Carrello Tipo RUOTA SINGOLA

Pres. Pneumatico = 6 kg/cm²

Carrello tipo RUOTE GEMELLE

Pres. Pneumatico = 9 kg/cm²

Interasse ruore = 0,70 m

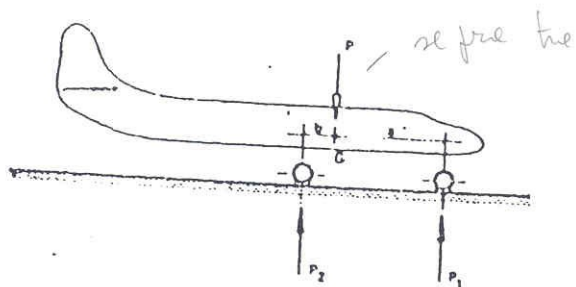
Carrello tipo RUOTE DOPPIO TANDEM

Pres. Pneumatico = 12 kg/cm²

Interasse ruore = 0,75 m

Passo ruote = 1,4 m

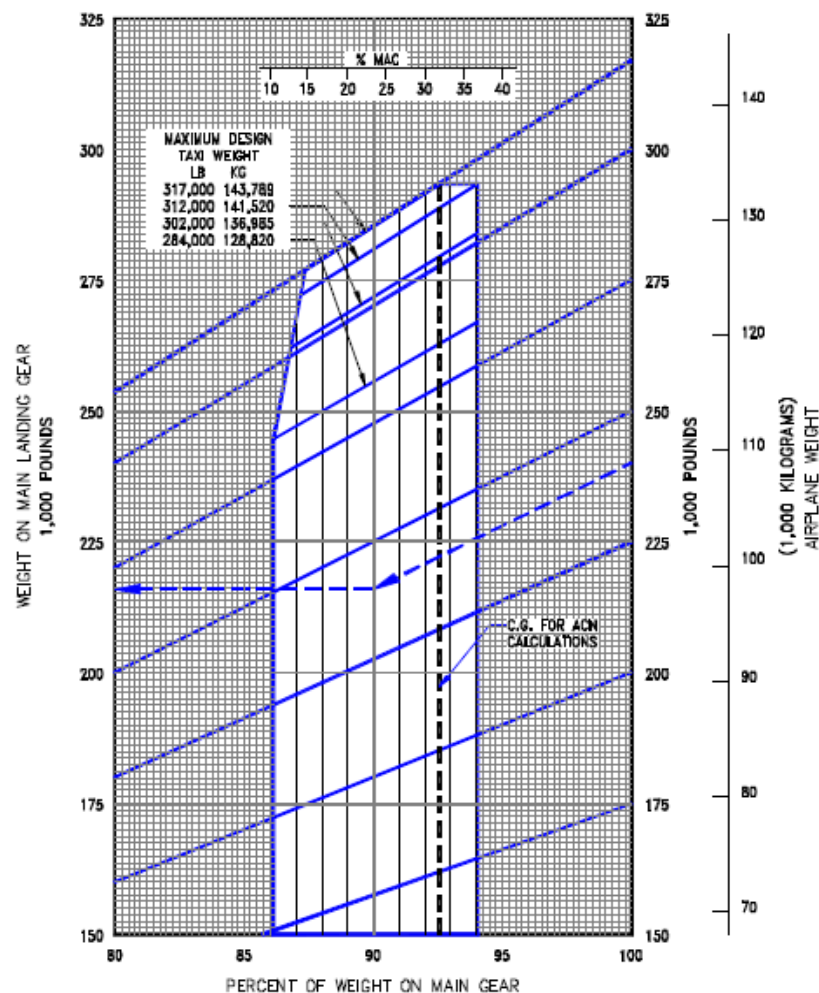
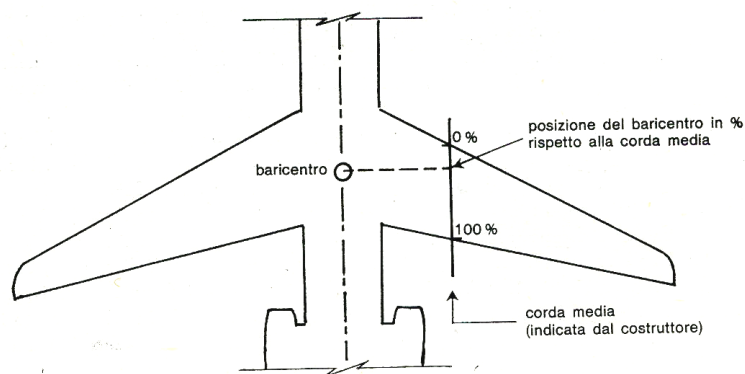
Distribuzione pesi sui carrelli (1)



$$P = P1 + P2$$

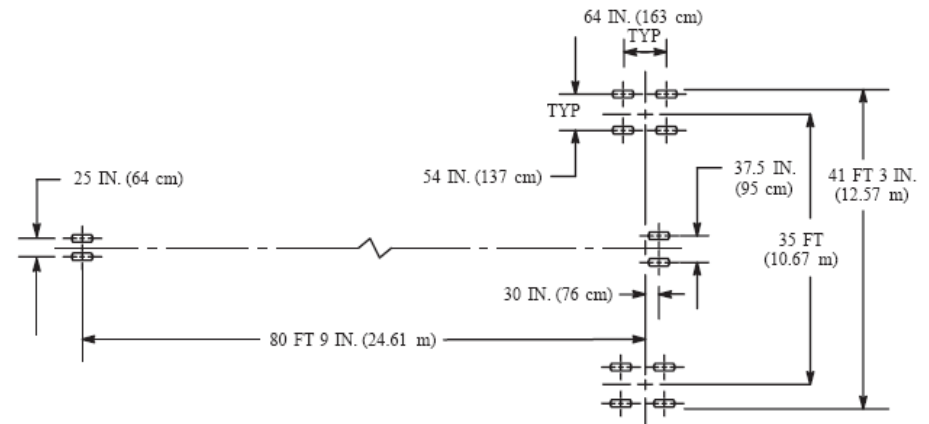
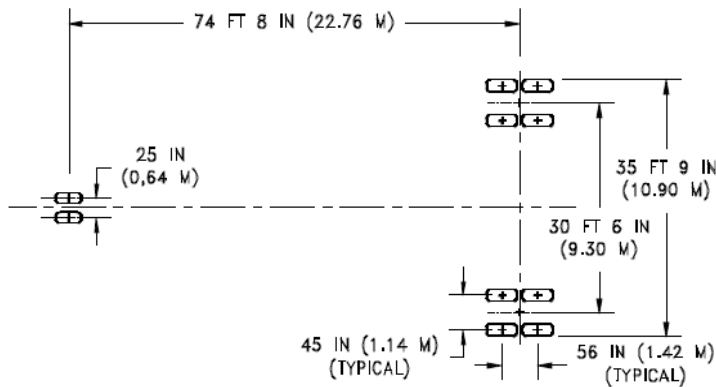
$$P1 * a = P2 * b$$

In genere 95 % del peso sui carrelli posteriori e 5 % su quello anteriore



Distribuzione pesi sui carrelli (2)

$$Carico_{gamba} = numero\ ruote_{gamba} \cdot \frac{0,825 + 0,025 \cdot Numero_{gambe}}{numero\ Ruote_{carrelli\ posteriori}} \cdot Peso_{Aereo}$$



Classificazioni aeromobili (1)

Aerostati

Aerodine:

a sustentazione aerodinamica

a sustentazione per reazione diretta

a sustentazione mista

Classificazioni aerei (1)

TABLE 1.3 Terminal Standard Procedures (TERPS) Aircraft Classification.

Group	Approach Speed (knots)	Example Aircraft
A	< 91	All single engine aircraft, Beechcraft Baron 58,
B	91-120	Business jets and commuter aircraft (Beech 1900, Saab 2000, Saab 340, Embraer 120, Canadair RJ, etc.)
C	121-140	Medium and Short Range Transports (Boeing 727, B737, MD-80, A320, F100, B757, etc.)
D	141-165	Heavy transports (Boeing 747, L-1011, MD-11, DC-10, A340, A300)
E	> 166	BAC Concorde and military aircraft

Appendix 3. AEROPLANE CLASSIFICATION BY CODE NUMBER AND LETTER

Aircraft model	Code	Aeroplane reference field length (m)	Wing span (m)	Outer main gear wheel span (m)
Beaver DHC2	1A	381	14.6	3.3
Turbo Beaver DHC2T	1A	427	14.6	3.3
Beechcraft A24R	1A	603	10.0	3.9
A36	1A	670	10.2	2.9
76	1A	430	11.6	3.3
B55	1A	457	11.5	2.9
B60	1A	793	12.0	3.4
B100	1A	579	14.0	4.3
Britten Norman Islander BN2A	1A	353	14.9	4.0
Cessna 152	1A	408	10.0	—
172	1A	381	10.9	—
180	1A	367	10.9	—
185	1A	416	10.9	—
Stationair 6	1A	543	10.9	—
Turbo 6	1A	500	10.9	—
Stationair 7	1A	600	10.9	—
Turbo 7	1A	567	10.9	—
Skylane	1A	479	10.9	—
Turbo Skylane	1A	479	10.9	—
310	1A	518	11.3	—
310 Turbo	1A	507	11.3	—
Golden Eagle 421C	1A	708	12.5	—
Titan 404	1A	721	14.1	—

Classificazioni aerei (2)

TABLE 1.1 FAA Aircraft Design Group Classification Used in Airport Geometric Design.

Design Group	Wingspan (ft.)	Example Aircraft
I	< 49	Cessna 152-210, Beechcraft A36
II	49 - 78	Saab 2000, EMB-120, Saab 340, Canadair RJ-100
III	79 - 117	Boeing 737, MD-80, Airbus A-320
IV	118 - 170	Boeing 757, Boeing 767, Airbus A-300
V	171 - 213	Boeing 747, Boeing 777, MD-11, Airbus A-340
VI	214 - 262	A3XX-200 or VLCA (planned)

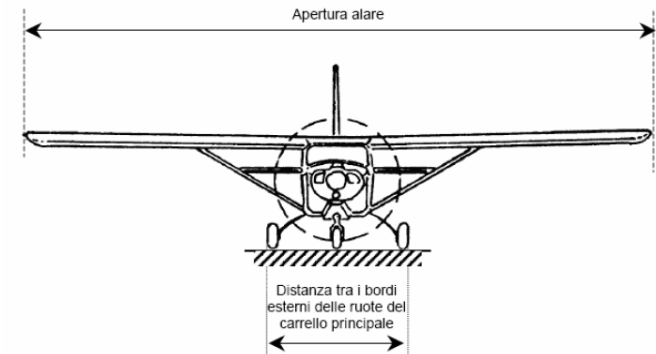


TABLE 1.2 ICAO Aerodrome Reference Code Used in Airport Geometric Design.

Design Group	Wingspan (m)	Outer Main Landing Gear Span (m)	Example Aircraft
A	< 15	< 4.5	All single engine aircraft, Some business jets
B	15 to < 24	4.5 to < 6	Commuter aircraft, Large Business jets (EMB-120, Saab 2000, Saab 340, etc.)
C	24 to < 36	6 to < 9	Medium range transports (B727, B737, MD-80, A320)
D	36 to < 52	9 to < 14	Heavy transports (B757, B767, A300)
E	52 to < 65	9 to < 14	Heavy transport aircraft (Boeing 747, L-1011, MD-11, DC-10)

Classificazioni aerei (3)

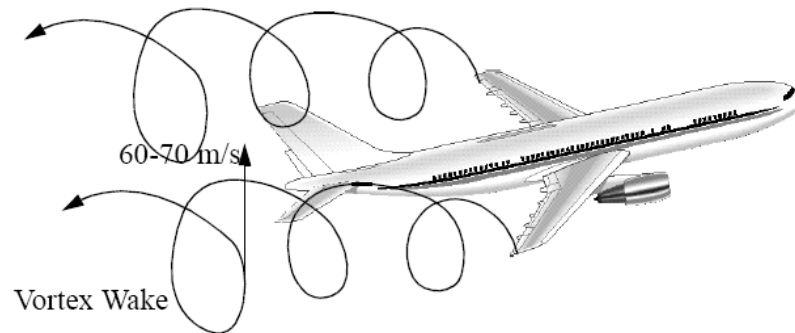
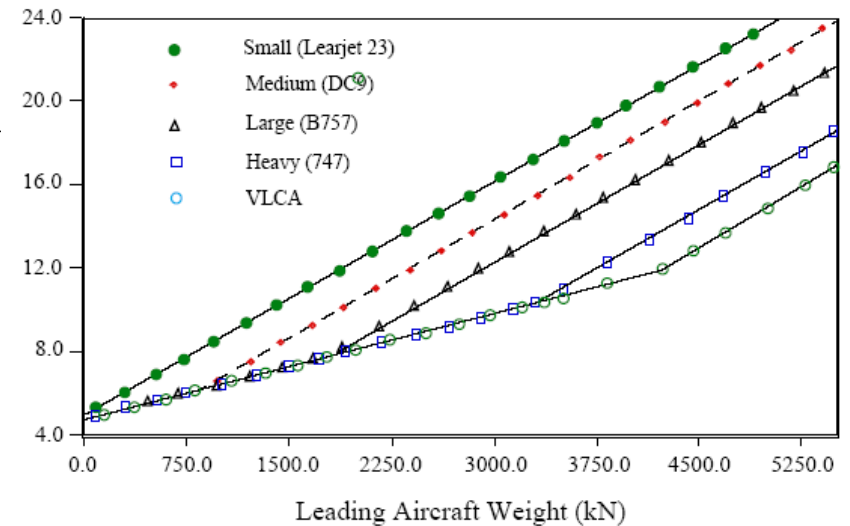


TABLE 1.4 Final Approach Aircraft Wake Vortex Classification (1997 to date).

Group	Takeoff Gross Weight (lb)	Example Aircraft
Small	< 41,000	All single engine aircraft, light twins, most business jets and commuter aircraft
Large	41,000-255,000	Large turboprop commuters, short and medium range transport aircraft (MD-80, B737, B727, A320, F100, etc.)
Heavy	> 255,000	Boeing 757, Boeing 747, Douglas DC-10, MD-11, Airbus A-300, Airbus A-340, Lockheed L-1011

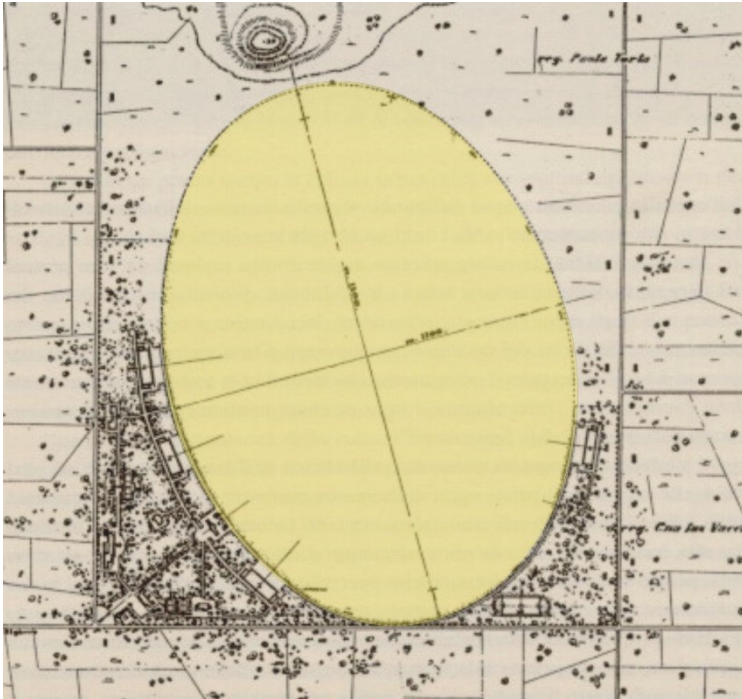


Classificazioni aerei (4)

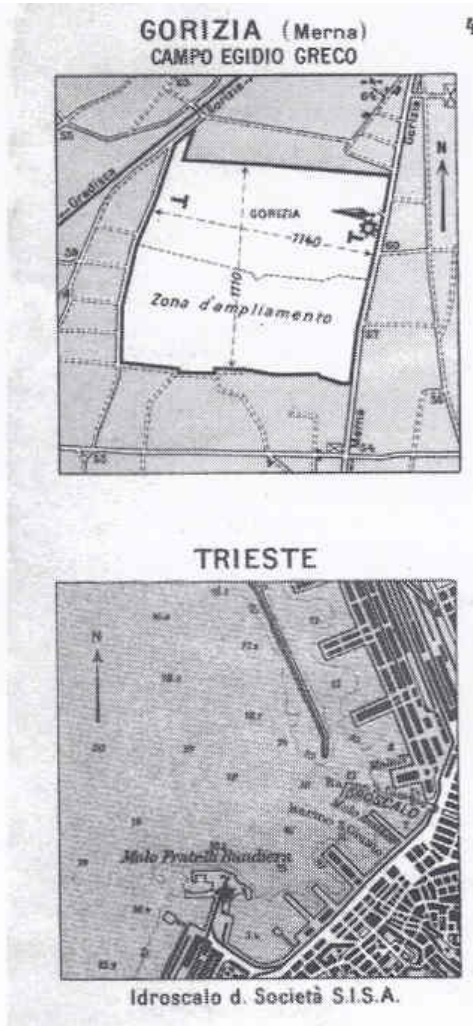
IATA Aircraft Size Classification Scheme.

Category	Number of Seats	Example Aircraft
0	< 50	Embraer 120, Saab 340
1	50-124	Fokker 100, Boeing 717
2	125-179	Boeing B727-200, Airbus A321
3	180-249	Boeing 767-200, Airbus A300-600
4	250-349	Airbus A340-300, Boeing 777-200
5	350-499	Boeing 747-400
6	> 500	Boeing 747-400 high density seating

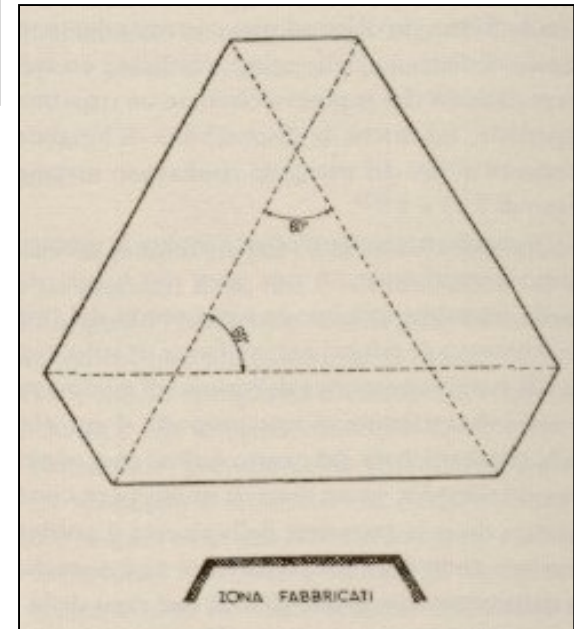
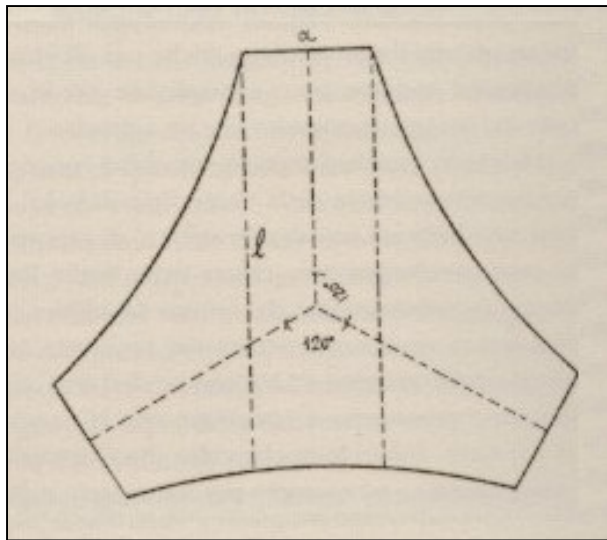
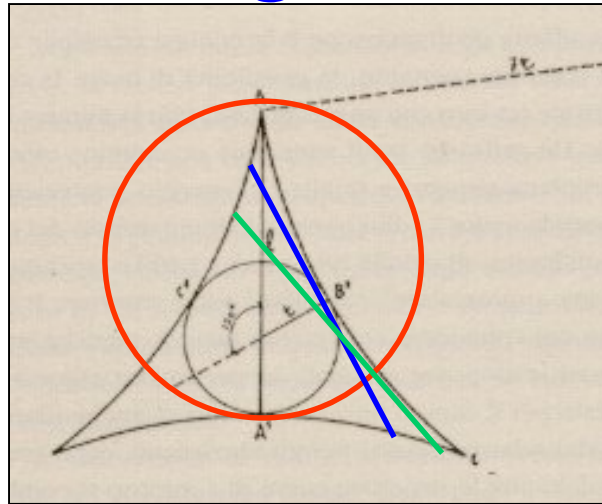
I primi campi di volo



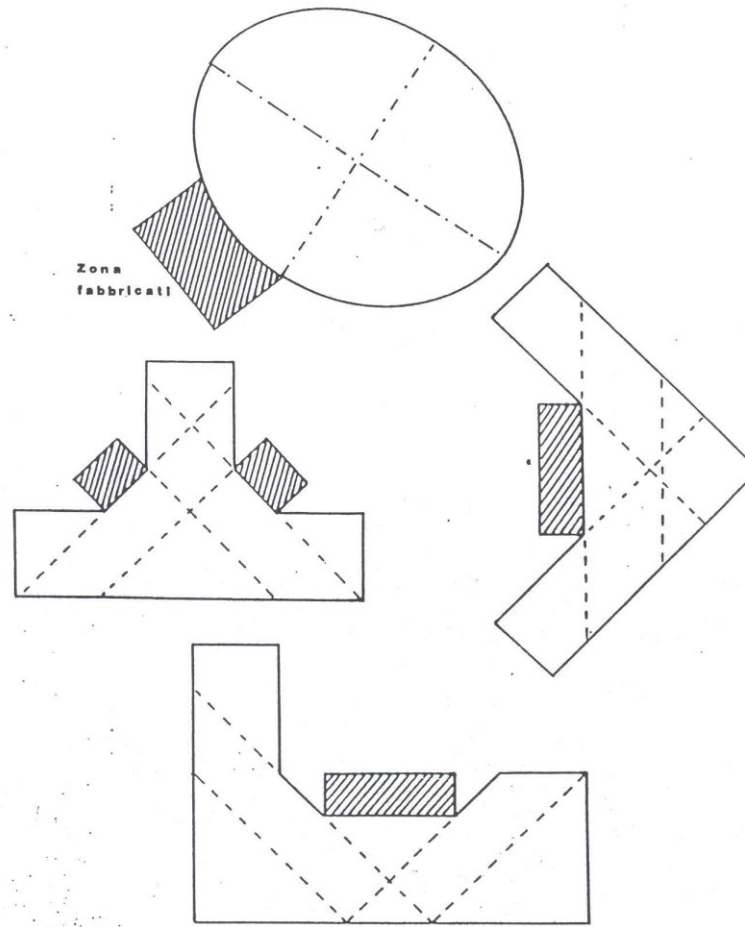
L'epoca degli idroscali



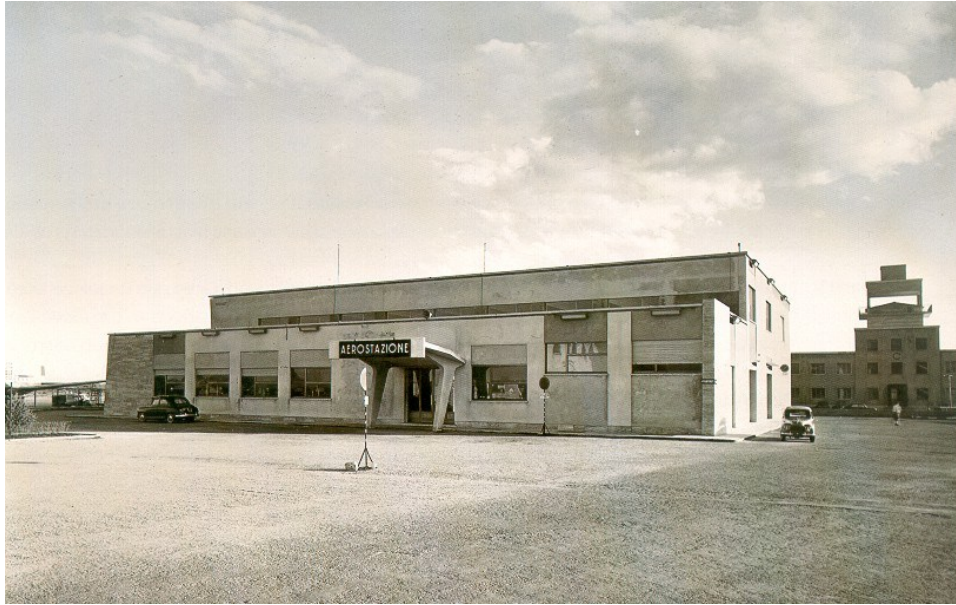
Il periodo tra le due guerre - L'ipocicloide



Le aviosuperfici rettangolari pavimentate



Gli aeroporti di ieri



Aerostazione Malpensa - Anni 1950

Costruzione di Linate 1960



Gli aeroporti di oggi



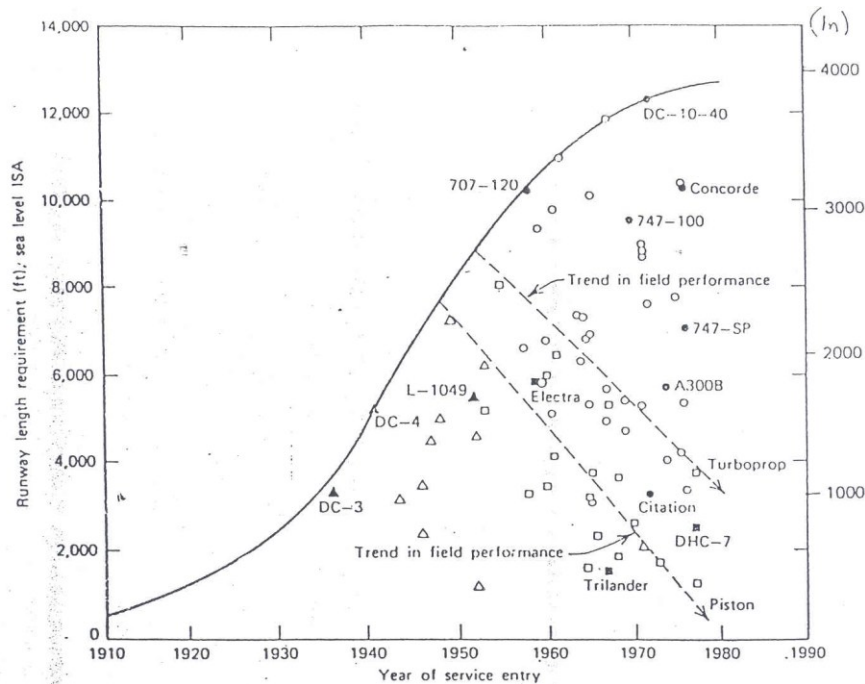
Aeroporto di Dallas

Gli aeroporti di domani



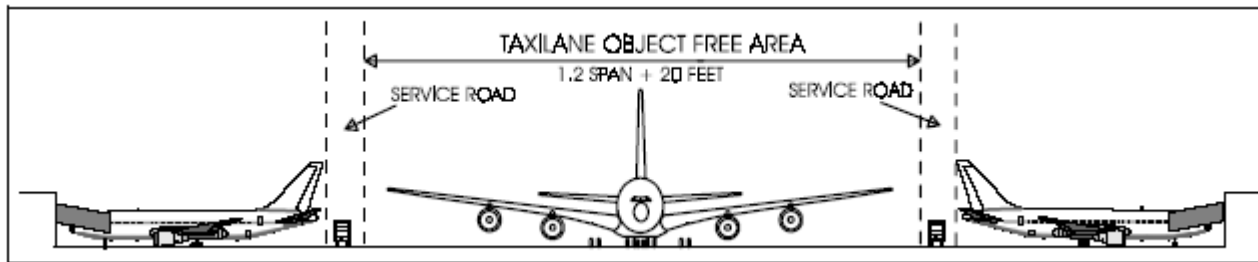
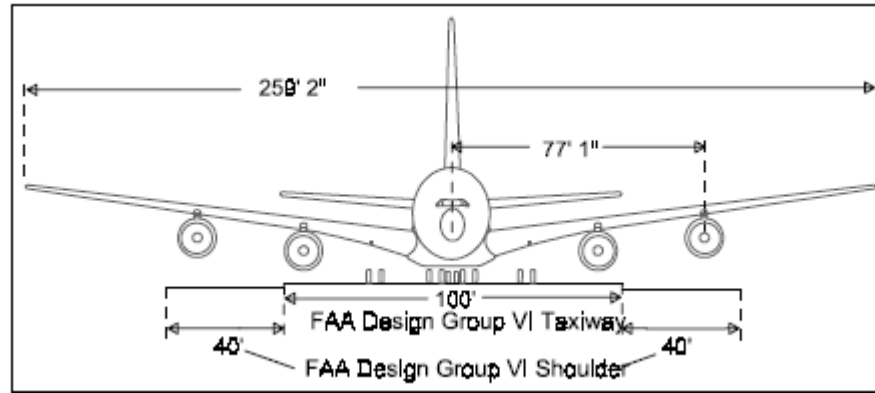
L'isola artificiale di Osaka Kansai

Compatibilità tra aerei e aeroporti (1)



NLA	Runway Length Required In Feet (Meters)
B747-400	11,000 (3,353)
B747-500X	≤11,000 (≤3,353)
B747-600X	≤11,000 (≤3,353)
B777-200B	10,500 (3,200)
B777-300	≤11,000 (≤3,353)
B HSCT	11,000 (3,353)
MD-XX	9,800 (2,987)
MD HSCT	10,800 (3,292)
A3XX-100	11,000 (3,353)
A3XX-200	11,000 (3,353)

Compatibilità tra aerei e aeroporti (2)



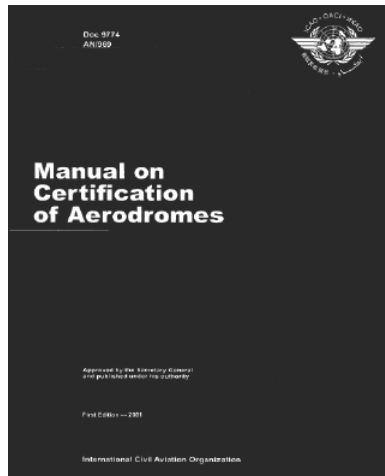
Gestione aeroportuale

- La gestione “totale”,
- La gestione “parziale”,
- La gestione “diretta” (oggi utilizzata poco frequentemente).

Certificazione aeroportuale

Il certificato dell'aeroporto attesta che:

- (a) l'organizzazione aziendale, i mezzi, il personale, le procedure di gestione e gli altri elementi necessari per la corretta gestione e per la sicurezza dell'aeroporto sono idonei per le operazioni degli aeromobili;**
- (b) le caratteristiche fisiche dell'aeroporto, le infrastrutture, gli impianti e i sistemi, e delle aree ad esso limitrofe consentono un uso sicuro da parte degli aeromobili secondo quanto previsto dal regolamento ENAC;**
- (c) il Manuale dell'aeroporto è conforme alle prescrizioni del regolamento ENAC**
- (d) Sussista il SMS (Safety Management System).**



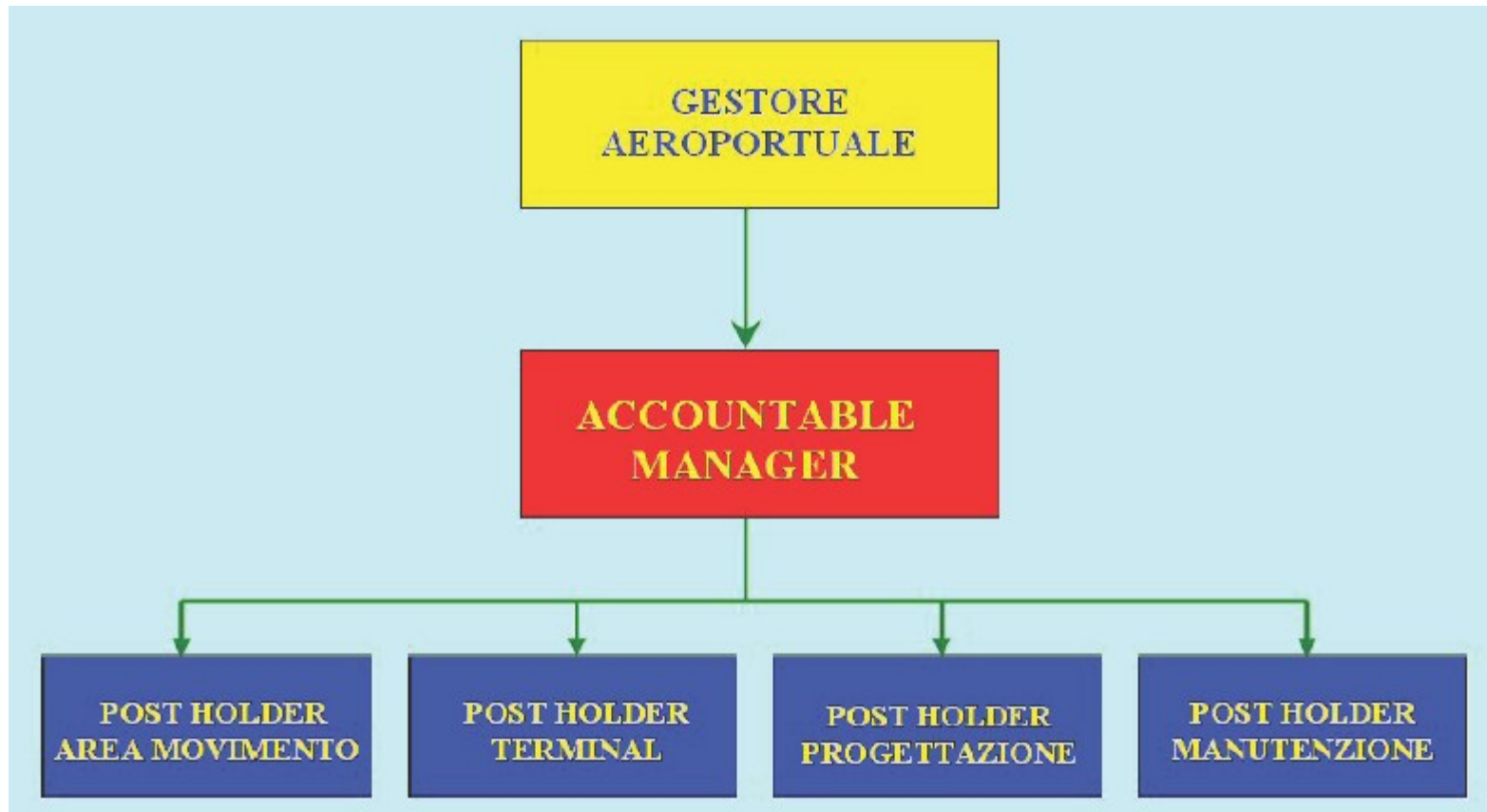
Ente Nazionale per l'Aviazione Civile

CIRCOLARE

SERIE AEROPORTI	Data 15/3/2004	APT-16
-----------------	----------------	--------

Oggetto: La certificazione dell'aeroporto

Organizzazione del Gestore



Manuale aeroporto

Introduzione:

Amministrazione Tecnica

Caratteristiche dell'aeroporto

Procedure operative

Aiuti visivi

I Servizi di soccorso e antincendio

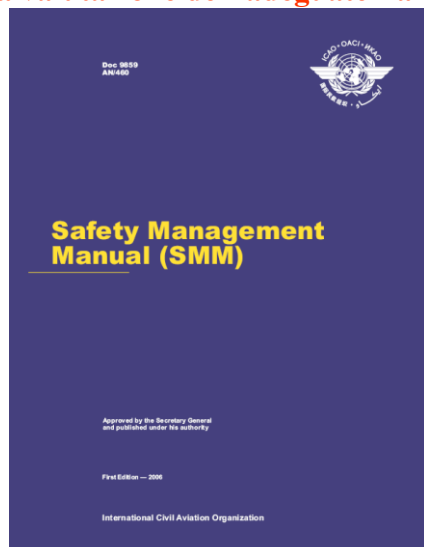
Pianificazione d'Emergenza Integrata

Safety Management System

Safety Management System (definizione ICAO) – A system for the management of safety at aerodromes including the organizational structure, responsibilities, procedures, processes and provisions for the implementation of aerodrome safety policies by an aerodrome operator, which provides for control of safety and order at, and the safe use of, the aerodrome.

Il sistema di gestione SMS include:

- la determinazione delle politiche di sicurezza del gestore;
- l'assegnazione delle responsabilità e dei compiti e l'emissione di direttive per il personale, sufficienti per l'implementazione delle politiche aziendali e degli standard di sicurezza;
- il monitoraggio continuo degli standard di sicurezza;
- la registrazione e analisi delle deviazioni dagli standard applicabili;
- la definizione ed applicazione delle misure correttive;
- la valutazione dell'adeguatezza e dell'efficacia delle procedure applicate dalla organizzazione.



CIRCOLARE

SERIE AEROPORTI	Data: 17/03/2006	APT-22
Oggetto: Il Sistema di Gestione della Sicurezza (Safety Management System) dell'aeroporto		



Il Safety Management System (SMS)

Linee Guida e Strategie

Edizione 26 settembre 2005

DIREZIONE CENTRALE REGOLAZIONE TECNICA



Criteri di classificazione degli aeroporti

Aerodromo (aeroporto): area definita su terra o acqua (comprendente fabbricati, installazioni ed equipaggiamenti) destinata, del tutto o in parte, per l'arrivo, la partenza e il movimento al suolo di aeromobili.

Criteri di classificazione:

Utilizzazione (civili, militari, misti)

Gestione (statali, pubblici, privati)

Destinazione (aeroporti, idroscali, eliporti, ecc.)

Classificazione degli aeroporti (1)

CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DELL'UTILIZZAZIONE

Aerodromi Civili: Intercontinentale; internazionale; nazionale; regionale; locale.

Aerodromi Militari: aerodromi armati; aerodromi attrezzati; aerodromi custoditi; zone demaniali aeronautiche.

Aerodromi misti: aerodromi militari aperti al traffico civile; aerodromi civili aperti al traffico militare.

Classificazione degli aeroporti (2)

CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DEL TIPO DI GESTIONE

Aerodromi Statali: sono quelli gestiti dallo stato e possono essere civili, militari e misti.

Aerodromi Pubblici: sono quelli gestiti da enti pubblici e quindi aperti al traffico commerciale e turistico.

Aerodromi Privati: sono quelli costruiti e gestiti privatamente, la cui utilizzazione è limitata ad aeromobili del proprietario o da questi autorizzati.

Classificazione degli aeroporti (3)

CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DEL TIPO DI AEROMOBILI A CUI SONO DESTINATI:

Aeroporti

Idroscali

Eliporti

Aeroscali

Aviosuperfici, Elisuperfici, Idrosuperfici

Campo di Volo

Campo di fortuna

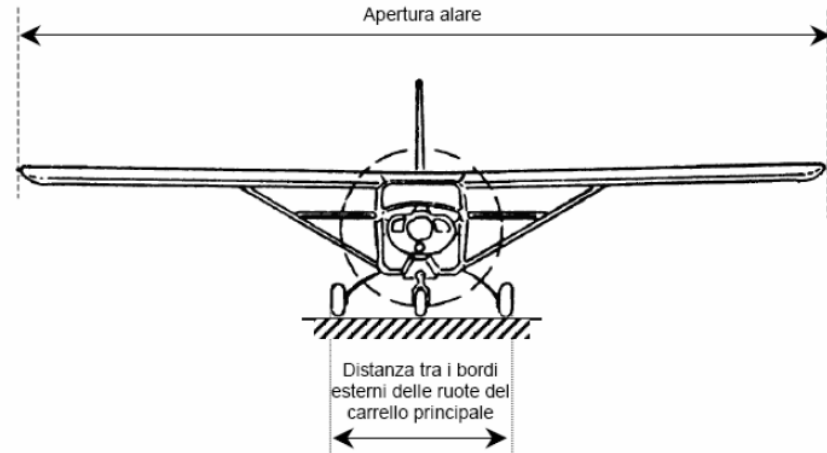
Classificazione degli aeroporti (4)

CLASSIFICAZIONE FUNZIONALE: indica quali aeromobili possono operare con sicurezza sull'aeroporto

CLASSIFICAZIONE ICAO ANTECEDENTE 1983

Lunghezza pista	Classe aeroporto				
	A	B	C	D	E
Minimo [m]	2550	2150	1800	1500	1080
Ottimo [m]	4000	2550	2150	1800	1500

Classificazione ICAO degli aeroporti



CLASSIFICAZIONE ICAO ATTUALE

Cod. num.	Lun. di campo	Cod. alf.	Ap. Alare	Lar. Car.
1	$< 800 \text{ m}$	A	$< 15 \text{ m}$	$< 4,5 \text{ m}$
2	$800 < L < 1200$	B	$15 < WS < 24$	$4,5 < GS < 6$
3	$1200 < L < 1800$	C	$24 < WS < 36$	$6 < GS < 9$
4	$1800 < L$	D	$36 < WS < 52$	$9 < GS < 14$
		E	$52 < WS < 65$	$9 < GS < 14$
		F	$65 < WS < 80$	$14 < GS < 16$

Classificazione ICAO degli aerei

Appendix 3. AEROPLANE CLASSIFICATION BY CODE NUMBER AND LETTER

Aircraft model	Code	Aeroplane reference field length (m)	Wing span (m)	Outer main gear wheel span (m)
Beaver DHC2	1A	381	14.6	3.3
Turbo Beaver DHC2T	1A	427	14.6	3.3
Beechcraft A24R	1A	603	10.0	3.9
A36	1A	670	10.2	2.9
76	1A	430	11.6	3.3
B55	1A	457	11.5	2.9
B60	1A	793	12.0	3.4
B100	1A	579	14.0	4.3
Britten Norman Islander BN2A	1A	353	14.9	4.0
Cessna 152	1A	408	10.0	—
172	1A	381	10.9	—
180	1A	367	10.9	—
185	1A	416	10.9	—
Stationair 6	1A	543	10.9	—
Turbo 6	1A	500	10.9	—
Stationair 7	1A	600	10.9	—
Turbo 7	1A	567	10.9	—
Skylane	1A	479	10.9	—
Turbo Skylane	1A	479	10.9	—
310	1A	518	11.3	—
310 Turbo	1A	507	11.3	—
Golden Eagle 421C	1A	708	12.5	—
Titan 404	1A	721	14.1	—

Classificazione FAA degli aeroporti

TABLE 8.2 FAA Aircraft Approach Category Classification

Approach Category	Approach Speed, Knots	Airport Category
A	Less than 91	Utility Airport
B	91-120	Utility Airport
C	121-140	Transport Airport
D	141-165	Transport Airport
E	166 or greater	Transport Airport

Source: *Airport Design*, FAA Advisory Circular AC 150/5300-13, September 29, 1989.

TABLE 8.3 FAA Airplane Design Groups for Geometric Design of Airports

Airplane Design Group	Wingspan (ft)	Typical Aircraft
I	Less than 49	Beech Bonanza A36, Learjet 25
II	49 up to 79	DeHavilland DHC-6, Gulfstream II
III	79 up to 118	Boeing 737, Martin-404
IV	118 up to 171	Boeing 757, Lockheed 1011
V	171 up to 214	Boeing 747-400
VI	214 up to 262	Lockheed C5A

Classificazione Antincendio

Categorie	Lunghezza aereo (m)	Larghezza fusoliera (m)	N. Veicoli soccorso
1	$L < 9$	2	1
2	$9 \leq L < 12$	2	1
3	$12 \leq L < 18$	3	1
4	$18 \leq L < 24$	4	1
5	$24 \leq L < 28$	4	1
6	$28 \leq L < 39$	5	2
7	$39 \leq L < 49$	5	2
8	$49 \leq L < 61$	7	3
9	$61 \leq L < 76$	7	3
10	$76 \leq L < 90$	8	3

Classificazione Doganale e Sanitaria

CLASSIFICA DOGANALE

Aeroporti DOGANALI (sono aeroporti per i quali è previsto un controllo doganale) e NON DOGANALI

CLASSIFICA SANITARIA

Aeroporti AUTORIZZATI abilitati a ricevere merci e persone dall'estero,
Aeroporti SANITARI abilitati a compiere tutte le operazioni di carattere igienico-profilattico.

Obiettivi della previsione

Volumi generali di traffico (pax/anno, ton/anno)

Volumi di picco (pax/giorno, pax/ora ecc.)

Movimenti generali e di picco (Mov/anno, Mov/giorno, Mov/ora)

Scelta dei tipi di aerei più convenienti

Dati per la previsione della domanda

Ruolo dell'aeroporto (Internazionale, nazionale, regionale, ecc.).

Posizione e Bacino di utenza

Caratteristiche demografiche del bacino di utenza

Caratteristiche economiche del bacino di utenza

Trend passati dei vari sistemi di trasporto nella nazione e nella regione.

Distanze dai centri economici e sistemi di trasporto terrestri

Matrici origine e destinazione

Compagnie aeree, Aeromobili

Metodi previsione domanda

MODELLI ANALITICI: Modelli macroscopici - Modelli microscopici
 Modelli Multimodali - Modelli unimodali
 Modelli multi-step – modelli single-step

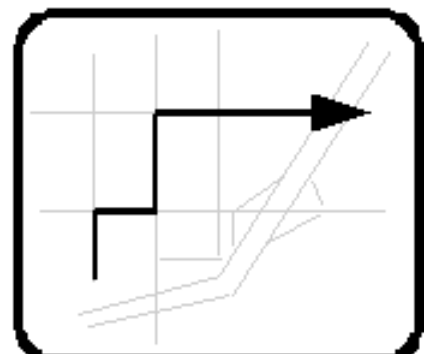
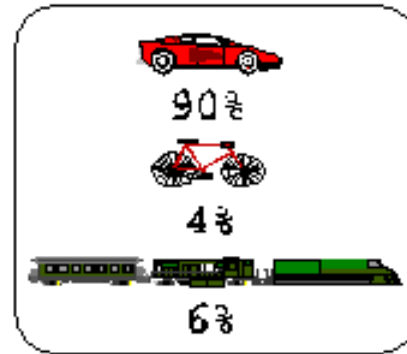
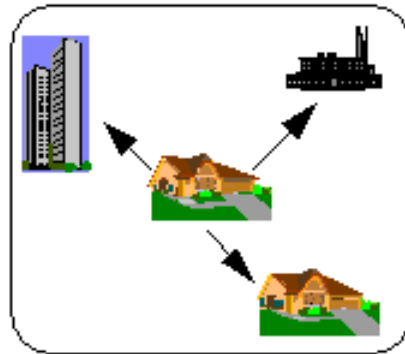
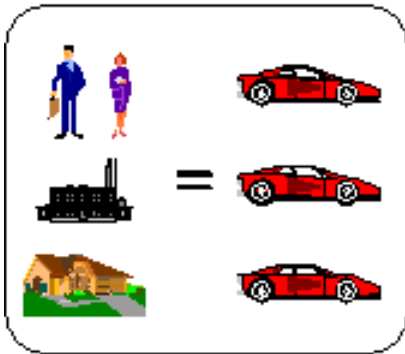
JUDGMENTAL (a sentimento): Delphi analysis.

PROIEZIONI STATISTICHE

MODELLI ECONOMETRICI

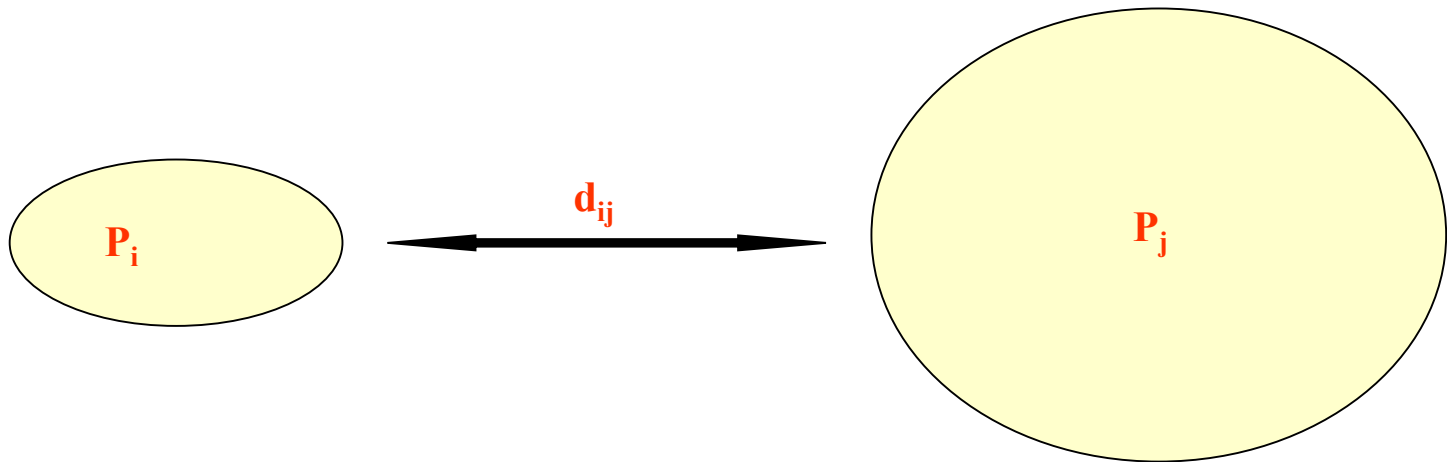
ANALISI DI MERCATO

Metodo a 4 stadi



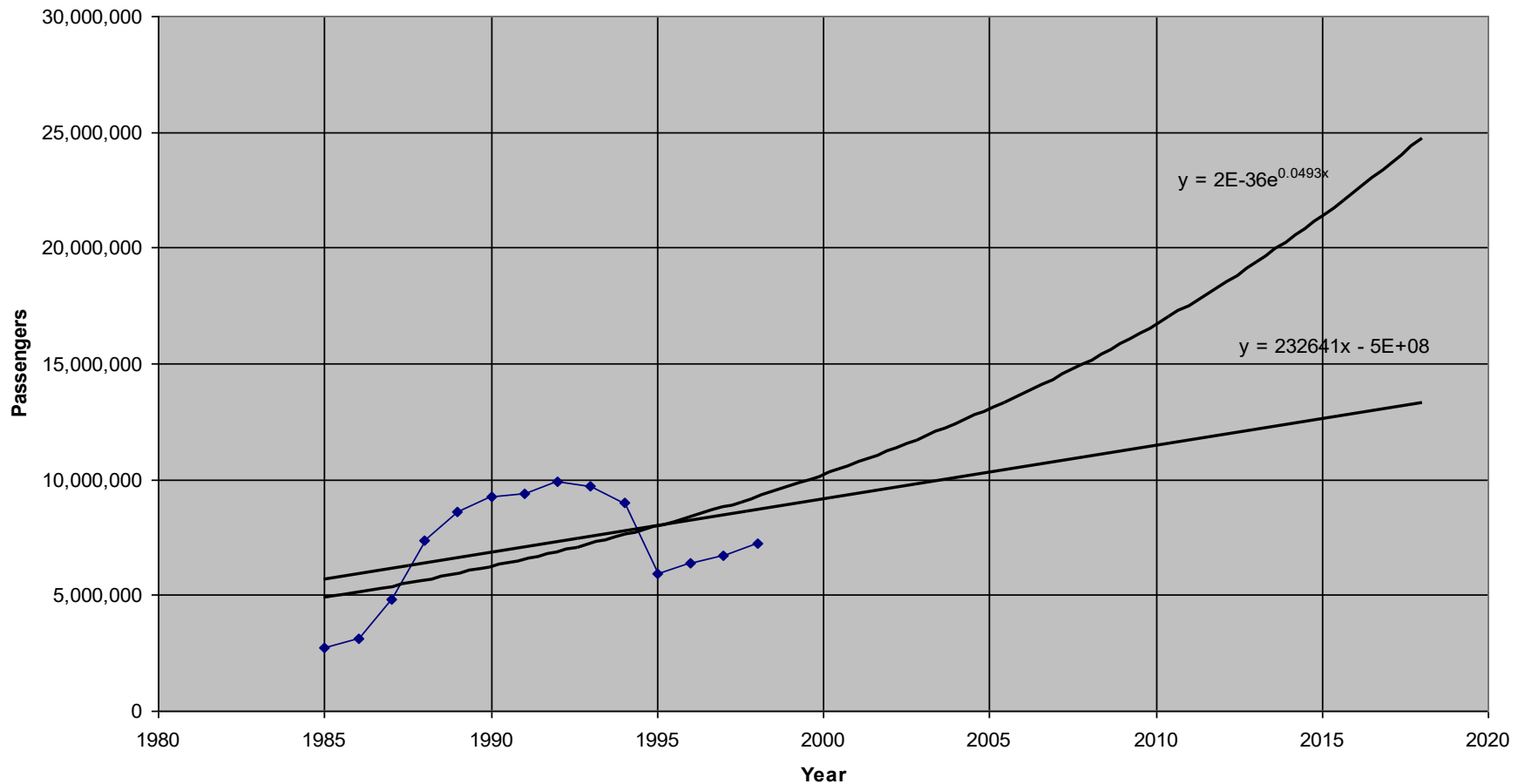
Modelli Gravitazionali

$$T_{ij} = \frac{K \cdot P_i \cdot P_j}{d_{ij}^\chi}$$

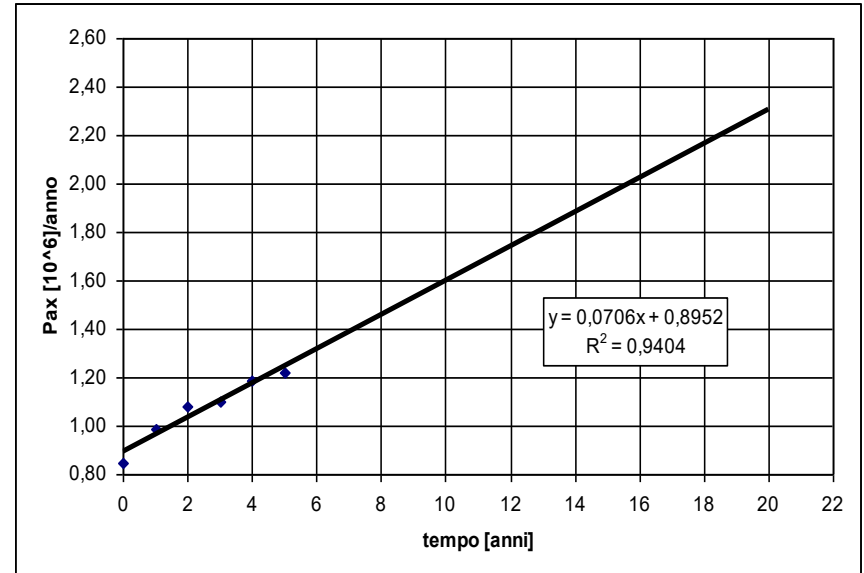
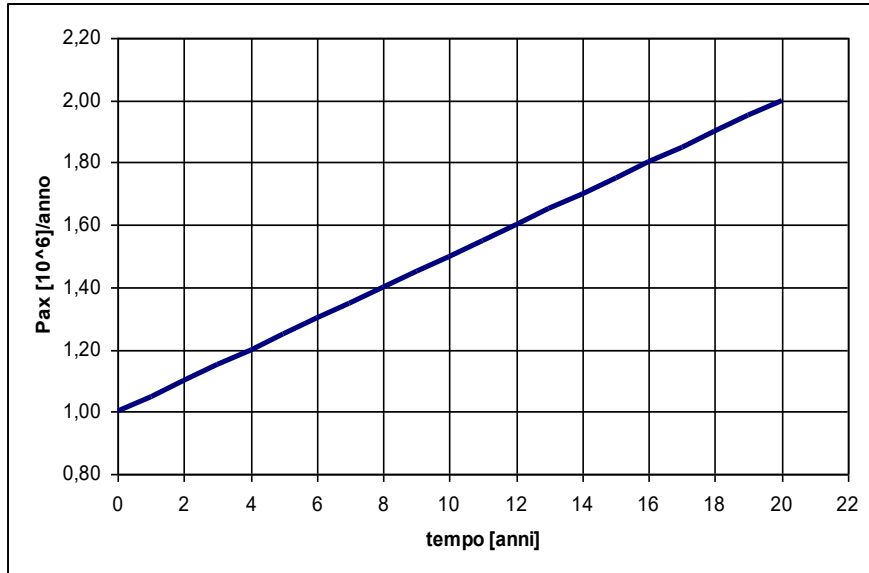


Proiezioni statistiche (Trend)

Total Passengers

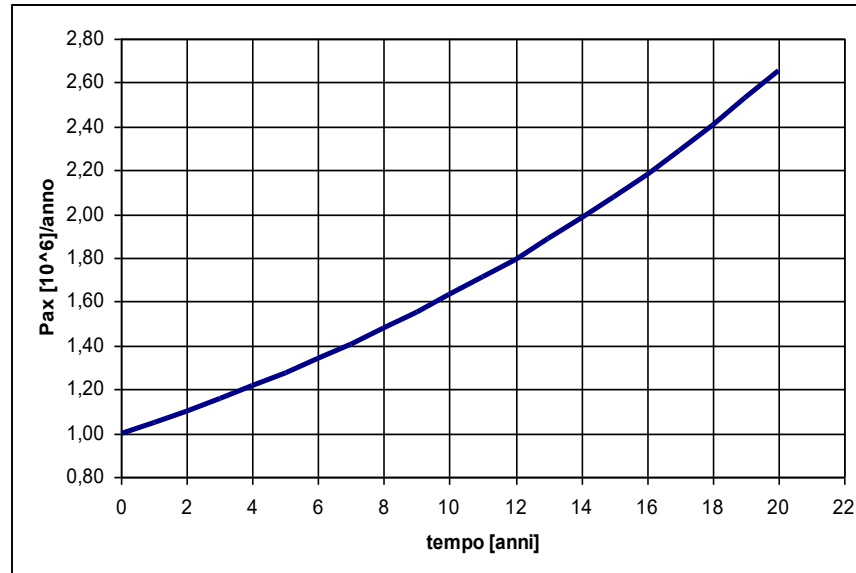


Modelli lineari



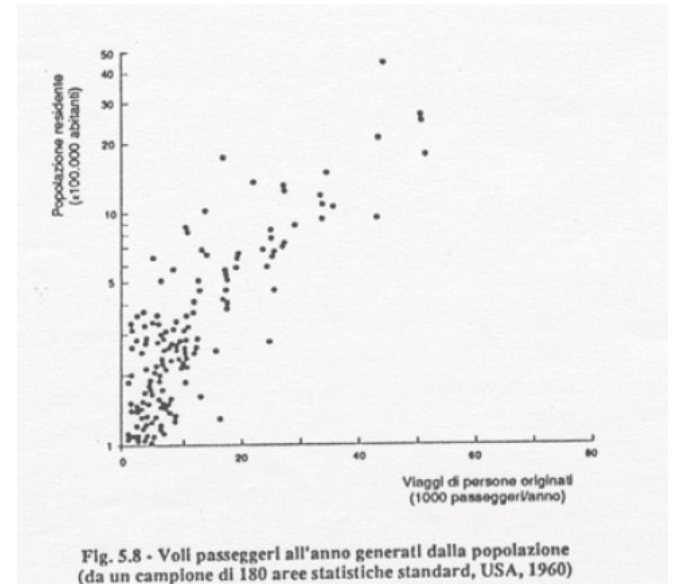
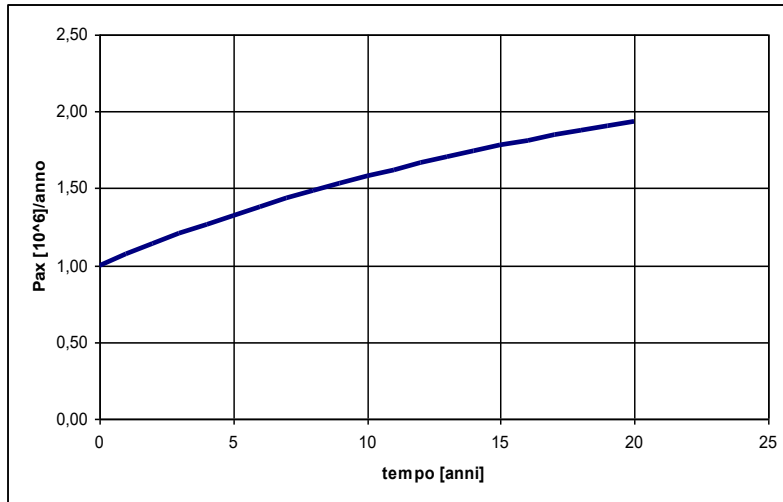
$$T = T_0 + k \cdot t$$

Modelli Esponenziali



$$T = T_0 (1 + k)^t$$

Modelli Logistici



$$T = A - \frac{A - T_0}{(1 + k)^t}$$

Modello Logistico di Tanner

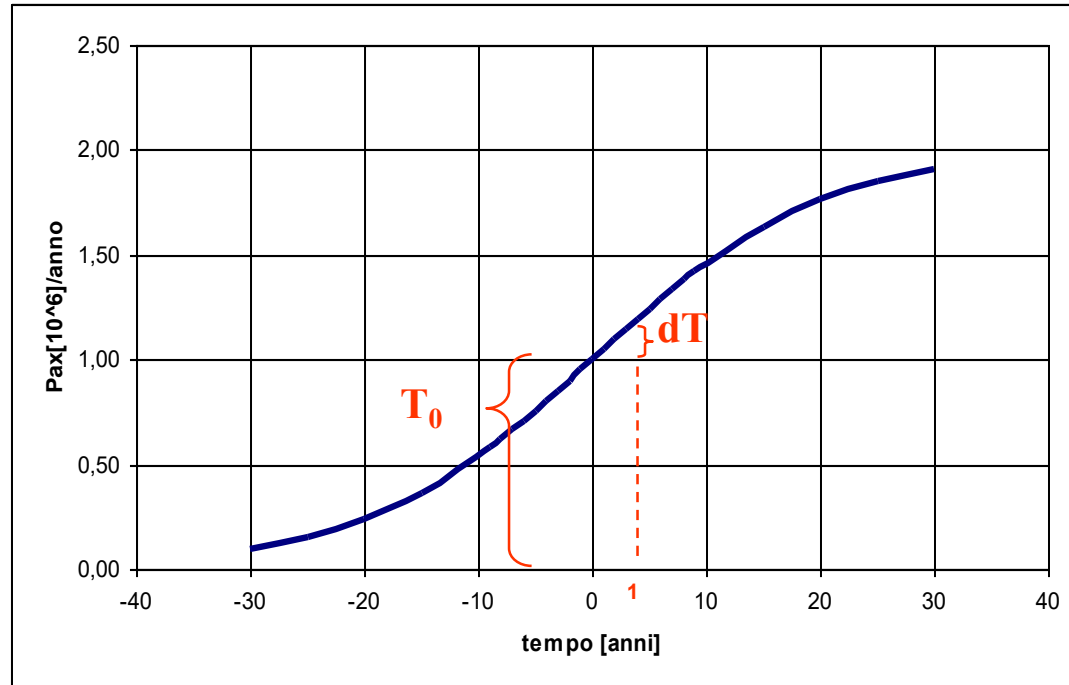
$$\frac{dT}{dt} = T \cdot (A - T) \cdot k \quad \frac{dT}{1} = T_0 \cdot (A - T_0) \cdot k \quad r = \frac{dT}{T_0} = (A - T_0) \cdot k$$

$$\frac{dT}{dt} = T \cdot (A - T) \cdot \frac{r}{(A - T_0)} \quad T = \frac{A}{1 + b \cdot e^{-A \cdot k \cdot t}}$$

$$\text{Per } t = +\infty \quad T = A; \text{ Per } t = -\infty \quad T = 0; \quad \text{Per } t = 0 \quad T = \frac{A}{1 + b} = T_0 \quad b = \frac{A - T_0}{T_0}$$

$$T = \frac{A \cdot T_0}{T_0 + (A - T_0) \cdot e^{-A \cdot k \cdot t}}$$

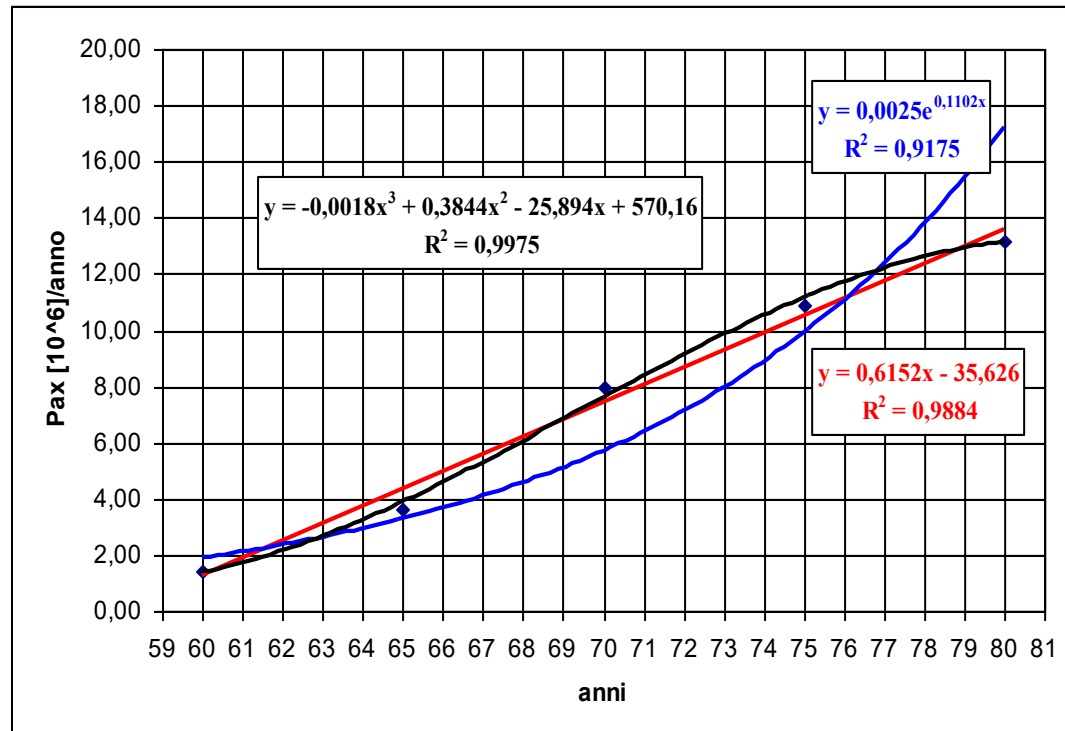
Modello Logistico di Tanner



$$T = \frac{A \cdot T_0}{T_0 + (A - T_0) \cdot e^{-A \cdot k \cdot t}}$$

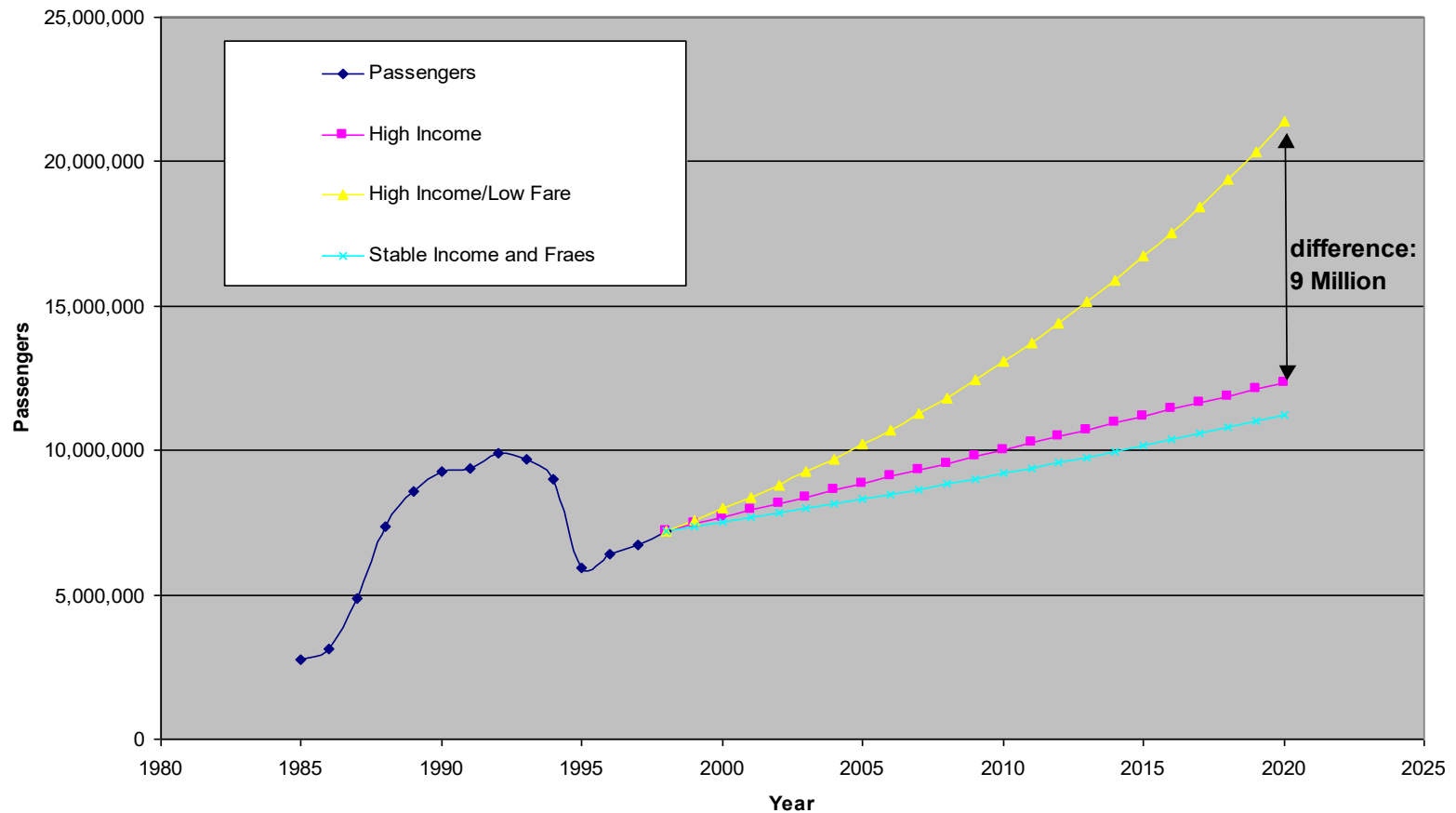
Modello polinamiale

$$T = T_0 + k_1 \cdot t + k_2 \cdot t^2 + k_3 \cdot t^3 + \dots + k_n \cdot t^n$$



Metodi causali

Alternative Models: Total Passenger



Metodi Econometrici

Definizione dei fattori causali (var. ind.) che influenzano la domanda (var. dip.)

Misura delle variabili

Definizione delle relazioni che legano le variabili

Stima statistica e verifica delle relazioni

Previsione delle variabili indipendenti future e calcolo della domanda

$$\text{DOMPAX} = 0,00206 \text{ IMP}^{0,833}$$

$$\text{INTPAX} = 0,000185 \text{ IMP}^{0,878}$$

DOMPAX = passeggeri nazionali; INTPAX = passeggeri internazionali

IMP = valore delle merci importate

Analisi di mercato

TABLE 6-1 Florida Active General Aviation
Aircraft, Historical and Projected Data

Year	Active aircraft in fleet		Percent of Florida aircraft to U.S. aircraft
	United States	Florida	
Historical			
1960	68,727	2,238	3.26
1961	75,655	2,561	3.39
1962	80,632	2,770	3.44
1963	84,121	2,882	3.43
1964	85,088	3,018	3.55
1965	88,492	3,280	3.71
1966	95,176	3,491	3.67
1967	104,378	4,035	3.87
1968	113,830	4,399	3.86
1969	123,791	4,831	3.90
1970	130,641	5,321	4.07
1971	131,743	5,531	4.20
1972	131,148	5,654	4.31
1973	145,010	6,514	4.49
1974	153,540	7,241	4.72
Forecast			
1980	186,000	9,430	5.07
1985	241,000	13,350	5.54
1990	308,000	18,510	6.01
1995	400,000	25,920	6.48

SOURCE: Landrum and Brown, Inc. [10].

Dati

Traffico annuale verso traffico di picco

Total Annual Passengers	TPHP as a percentage of Annual Flows
30 million and over	0.035
20,000,000 - 29,999,999	0.040
10,000,000 - 19,999,999	0.045
1,000,000 - 9,999,999	0.050
500,000 - 999,999	0.080
100,000 - 499,999	0.130
Under 100,000	0.200

Determinazione del numero di movimenti

1) Metodo del numero medio di passeggeri per aeromobile:

$$M = \frac{P_t}{\sum_{i=1}^n m_i c_i L_i}$$

2) Metodo della capacità ponderata

$$M = \sum_{i=1}^n \frac{u_i}{e_i} = \sum_{i=1}^n \frac{P_t \cdot p_i}{C_i L_i} = \sum_{i=1}^n \frac{P_t \cdot N_i \cdot (C_i \cdot L_i)}{P_t \cdot (C_i \cdot L_i)} = \sum_{i=1}^n N_i$$

nelle quali:

- M** = movimenti aerei all'anno,
i = un aeromobile della classe i ($i = 1, 2, 3, \dots$, etc.),
 m_i = proporzione (in per cento) della classe i nella famiglia degli aeromobili,
 c_i = capacità in passeggeri dell'aeromobile,
 L_i = coefficiente di carico,
 u_i = $P_t \times p_i$,
 P_t = volume annuale di passeggeri,
 p_i = $\frac{N_i (c_i L_i)}{\sum_i E_i}$ proporzione di passeggeri della classe i nel totale dei passeggeri ($\sum p_i = 1$),
 N_i = numero degli aeromobili della stessa classe i ,
 E_i = $N_i(c_i L_i)$ numero di passeggeri per ogni classe di aeromobili,
 e_i = $c_i L_i$ passeggeri per ogni aeromobile di classe i .

Il metodo 1) è da considerare un metodo ancora piuttosto approssimativo, mentre il metodo 2) è quello analiticamente più preciso. Tuttavia, ambedue i metodi danno dei risultati praticamente comparabili e attendibili.

Tipo aereo	m_i	C_i	L_i
B747	15%	350	70%
A300	30%	250	70%
MD80	50%	150	70%
BAE146	5%	100	70%

$$\Sigma(M_i * C_i * L_i) = 145$$

$$P_t = 10.000.000$$

$$M = 68966$$

Determinazione del traffico di punta

Gruppo	N. Totale Movimenti	Percentuale media del numero dei movimenti per:	
		Giorno di punta	Ora di punta
I	100.000 o più	0,334	0,028
II	50.000 a 99.999	0,349	0,039
III	25.000 a 49.999	0,356	0,045
IV	10.000 a 24.999	0,386	0,059
V	meno di 10.000	0,450	0,088

Esempio: $M_g = 100.000 * 0,334 / 100 = 334$ movimenti /giorno

$M_h = 100.000 * 0,028 / 100 = 28$ movimenti / ora

Approfondimenti e Riflessioni



“È sapiente solo chi sa di non sapere, non chi s'illude di sapere e ignora così perfino la sua stessa ignoranza.

SOCRATE

