



**Università degli Studi di Trieste**

**Dipartimento di Ingegneria e Architettura**

**Laurea Magistrale: Ingegneria civile**

**Corso: Strade Ferrovie ed Aeroporti (401MI-2)**



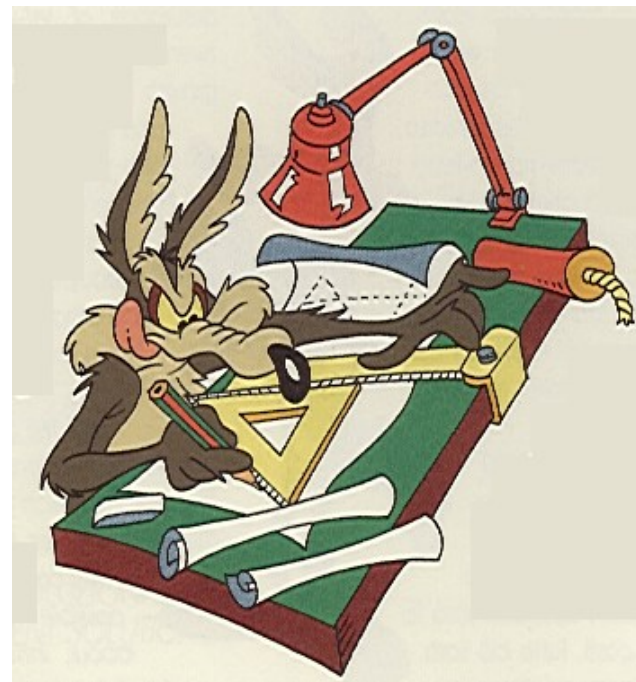
## **Esercizi**

**Roberto Roberti**

Tel.: 040 558 3588

E-mail: [roberto.roberti@dia.units.it](mailto:roberto.roberti@dia.units.it)

Anno accademico 2023/2024



# Esercizio N° 1

Sono stati misurati i passaggi di veicoli su una corsia stradale durante intervalli della durata di 15 secondi per un totale di 64 intervalli consecutivi (960 secondi complessivi di osservazione, 16 minuti), ottenendo il risultato della tabella (colonne I e II).

Si richiede, per tre distribuzioni, Poisson, Binomiale, Poisson generalizzata:

- Media, mediana, moda campionarie;
- Varianza campionaria
- Frequenze teoriche.

Individuare la distribuzione che approssima meglio i dati.

La colonna I rappresenta le classi (numero di veicoli transitati in un intervallo di 15 s) in cui abbiamo suddiviso le osservazioni.

La colonna II rappresenta le frequenze osservate,  $f_i$ , cioè il numero di intervalli di 15 s nei quali sono transitati un numero  $x_i$  di veicoli.

I	II
$x \equiv$ veicoli/15 s	Frequenze osservate $f_i$
$x_1 = 0$	0
$x_2 = 1$	0
$x_3 = 2$	0
$x_4 = 3$	3
$x_5 = 4$	0
$x_6 = 5$	8
$x_7 = 6$	10
$x_8 = 7$	11
$x_9 = 8$	10
$x_{10} = 9$	11
$x_{11} = 10$	9
$x_{12} = 11$	1
$x_{13} > 12$	1
	64

# Esercizio N° 2

Si vuole confrontare 4 distribuzioni a parità di media con  $Q = 720 \text{ v/h} = 0,2 \text{ v/s}$  in un intervallo di 20 s quindi con media  $\mu = 4 \text{ v/20s}$ .

Per la distribuzione di Poisson il parametro è  $\mu = 4 \text{ v/20s}$

Per la Binomiale  $\mu = n \cdot p = 20 \cdot 0,2 = 4 \text{ v/20s}$  (ipotizzando quindi che non possa arrivare più di un veicolo ogni secondo),  $n = 20$   $p = 0,2$ .

Per la Binomiale negativa, si ipotizzi  $k = 2$

$$\mu = \frac{k \cdot (1 - p)}{p} = \frac{2 \cdot (1 - 0,3334)}{0,3334} = 4$$

Per la Poisson generalizzata, si ipotizzi  $k = 2$   $\lambda = k \cdot \mu + 0,5 \cdot (k-1) = 2 \cdot 4 + 0,5 \cdot (2-1) = 8,5$

# Esercizio N° 3

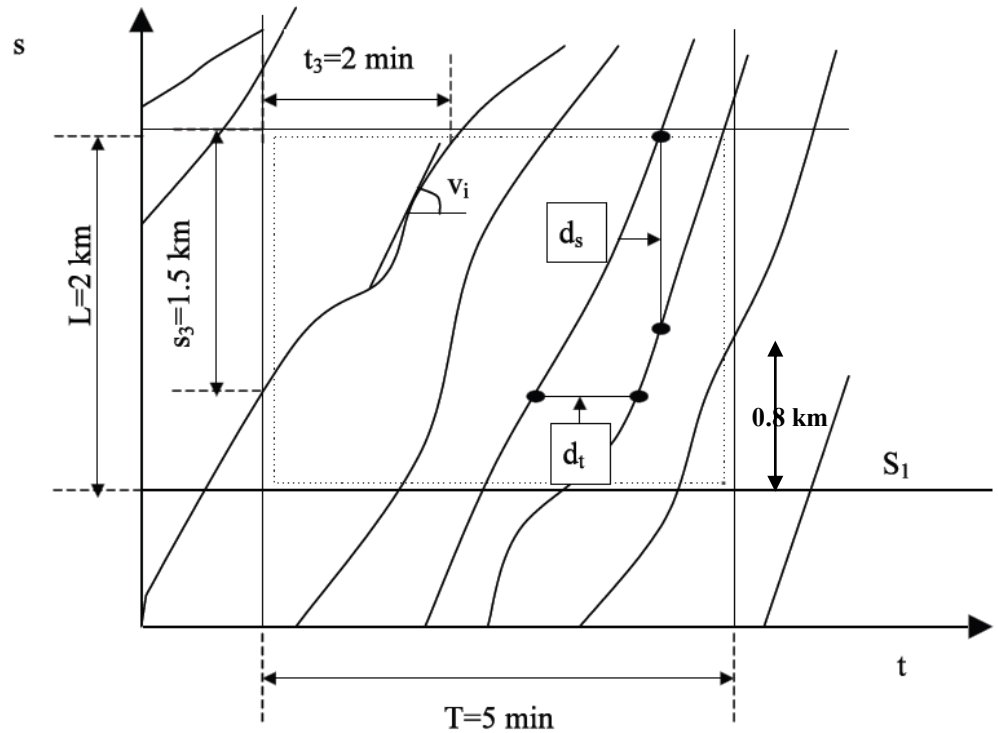
Un osservatore registra il numero dei veicoli che passano in una sezione stradale durante un intervallo di 30 sec. Ripete l'osservazione 120 volte (cioè tiene sotto controllo la sezione stradale complessivamente per un'ora) e registra i risultati delle osservazioni nella tabella seguente.

- a) Disegnare l'istogramma della distribuzione delle frequenze (assolute e relative);
- b) Tabellare e disegnare la distribuzione cumulata delle frequenze assolute e/o relative;
- c) Trovare la media (speranza matematica), la varianza del campione;
- d) Individuare la mediana e la moda della distribuzione;
- e) Stimare media e varianza della popolazione a cui il campione appartiene;
- f) Confrontare le frequenze relative (calcolate nel punto a) con i valori forniti dalla legge di probabilità di Poisson avente media uguale a quella del campione osservato;
- g) Verificare attraverso un test statistico l'ipotesi che la v.a. sia distribuita come una variabile di Poisson

numero classe	$x_i$ (numero di veicoli che passano in un intervallo di 30 sec)	$f_i$ frequenza assoluta (numero di intervalli in cui sono giunti $x_i$ veicoli)
1	0	1
2	1	5
3	2	10
4	3	18
5	4	19
6	5	17
7	6	18
8	7	10
9	8	13
10	9	3
11	10	2
12	11	3
13	12	1

# Esercizio N° 4

Calcolare il volume medio di traffico nella sezione S1 e lungo il tronco di lunghezza L nel periodo di tempo T.



# Esercizio N° 5

Si supponga di aver eseguito 200 misure della velocità istantanea dei veicoli che transitano in una sezione stradale (vedi tabella).

- 1) Trovare la media e la varianza del campione di 200 misure e stimare quelle della popolazione;
- 2) Disegnare il diagramma della distribuzione delle frequenze assolute;
- 3) Tabellare e disegnare la distribuzione cumulata delle frequenze e relative;
- 4) Trovare la mediana e la moda della distribuzione;
- 5) Trovare la velocità dell'85° percentile;
- 6) Verificare l'adattamento ad una distribuzione normale.

Tab. 2 - Rilievo di V. istantanee - Strada c/limite a 90km/h (ss195, km 10, 1990)

Classe veloc. [n]	Limiti di classe [km/h]	$V_{med}$ di classe, $u_i$ [km/h]	Frequenze di classe		Frequenze cumulate	
			assolute [ $n_i$ ]	relative $f_i = n_i/N$	assolute [ $\Sigma n_i$ ]	in % $100 \Sigma n_i/N$
1	40,1÷45,0	42,5	02	0,01	002	01
2	45,1÷50,0	47,5	08	0,04	010	05
3	50,1÷55,0	52,5	18	0,09	028	14
4	55,1÷60,0	57,5	42	0,21	070	35
5	60,1÷65,0	62,5	48	0,24	118	59
6	65,1÷70,0	67,5	40	0,20	158	79
7	70,1÷75,0	72,5	24	0,12	182	91
8	75,1÷80,0	77,5	11	0,055	193	96,5
9	80,1÷85,0	82,5	05	0,025	198	99
10	85,1÷90,0	87,5	02	0,01	N=200	100

## Esercizio N° 6

Nella tabella sono riportati i tempi di viaggio di 5 veicoli che hanno attraversato un tronco di strada lungo 3 km e le velocità istantanee degli stessi veicoli in una sezione del medesimo tronco.

- 1) Determinare la velocità media nel tempo.
- 2) Determinare la velocità media nello spazio.

	Lunghezza	Tempo di	Velocità	Velocità
veicolo	tronco - L	viaggio - ti	Ist. - si	viaggio sr
	km	ore	km/h	km/h
1	3	0,030	100,00	100,00
2	3	0,025	120,00	120,00
3	3	0,040	75,00	75,00
4	3	0,020	150,00	150,00
5	3	0,037	81,00	81,08
Totale	15,000	0,152		

# Esercizio N° 7

Nel diagramma sono riportati i tempi di viaggio di 4 veicoli che hanno attraversato un tronco di strada lungo 50 m. Determinare la velocità media nello spazio esatta e attraverso formule approssimate (partendo dalla velocità media nel tempo).

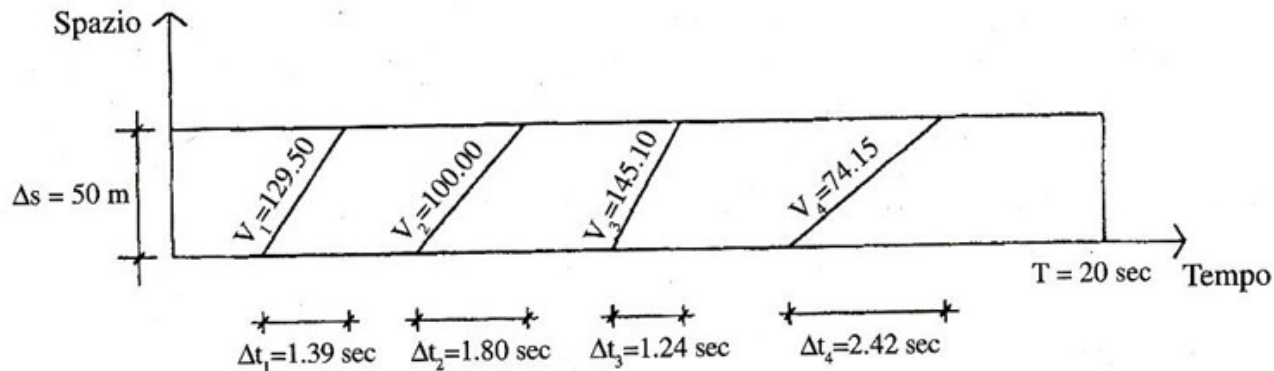


Fig.7 – Traiettorie veicolari in un dominio spazio-temporale elementare

	$\Delta s_i$	$t_i$	$s_i$	$s_i$
	[m]	[s]	[m/s]	[km/h]
1	50,00	1,3900	35,97	129,50
2	50,00	1,8000	27,78	100,00
3	50,00	1,2405	40,31	145,10
4	50,00	2,4275	20,60	74,15



# Esercizio N° 8

## **ANALISI GLOBALE DEL LIVELLO DI SERVIZIO DI UNA STRADA ESISTENTE**

**Un'autostrada extraurbana a 4 corsie (2 per ogni senso di marcia) con una velocità di flusso libero di 110 km/h deve smaltire un traffico orario, nell'ora di punta, in una direzione di 2200 v/h con 8 % di veicoli pesanti 2 % di veicoli turistici e un PHF di 0,90. Le corsie hanno una larghezza di 3,50 m, larghezza banchine 0,90 m ed il tracciato è di tipo collinare (rolling), gli utenti sono abituali, si abbiano 0,4 svincoli per km.**

**Valutare il livello di servizio della strada, ed i volumi compatibili con i LOS da A ad E.**

# Esercizio N° 9

## PROGETTO DI UNA SEZIONE STRADALE

**Un'autostrada suburbana su terreno pianeggiante deve essere progettata per almeno un LOS "D". Il volume orario di traffico per cui l'autostrada deve essere progettata è 4000 veic/h per direzione, con 15 % di veicoli pesanti, 3 % di veicoli ricreativi e un PHF di 0,85, gli utenti sono di tipo abituale, 0,9 svincoli/km, corsie da 3,75 m banchine da 2,50 m.**

**Quante corsie sono necessarie per una velocità di flusso libero in condizioni ideali di 120 km/h ?**

# Esercizio N° 10

## ANALISI SPECIFICA DI UN TRONCO STRADALE

Si consideri un'autostrada extraurbana esistente a 3 corsie per senso di marcia con BFFS = 120 km/h, corsie da 3,75 m, banchine in destra di 1,80 m, distanza tra gli svincoli > 3,5 km. L'andamento altimetrico è pianeggiante con l'esclusione di un tratto di pendenza 5 % con lunghezza 1600 m. Il volume orario di traffico nell'ora di punta per ciascuna direzione è 3000 veicoli/h, costituito dal 10 % di veicoli pesanti e 2% di veicoli turistici. Il fattore dell'ora di punta PHF = 0,88. Gli utenti sono abituali.

Determinare il LOS del tratto pianeggiante e di quello in pendenza sia in salita che discesa. Verificare se con l'aggiunta di una quarta corsia in salita si ripristina il LOS in piano.

# Esercizio N° 11

**Determinare il LOS per una strada extraurbana di tipo C1 (Corsie 3,75 m banchine 1,75 m) con:**

**BFFS = 95 km/h, terreno ondulato, 60 % di zone in cui non è consentito il sorpasso, frequenza accessi 3/km.**

**V = 1200 veic./h; PHF = 0,88; Distribuzione traffico nei due sensi 60 % e 40 %, 6 % di veicoli pesanti, 2 % veicoli ricreativi;**

## Esercizio N° 12

**Determinare il LOS per una strada extraurbana di tipo C1 singolarmente nelle due direzioni (Corsie 3,75 m banchine 1,50 m) e complessivamente per entrambe le direzioni con:**

**Volume dell'ora di punta nella direzione in esame  $V_d = 420$  veic./h;**

**Volume dell'ora di punta nella direzione opposta  $V_o = 380$  veic./h;**

**Fattore dell'ora di punta  $PHF = 0,90$ ;**

**12 % di veicoli pesanti;**

**Andamento altimetrico collinare (ondulato);**

**80 % di zone in cui non è consentito il sorpasso,**

**Velocità base di flusso libero  $BFFS = 100$  km/h**

**Frequenza accessi 2/km.**

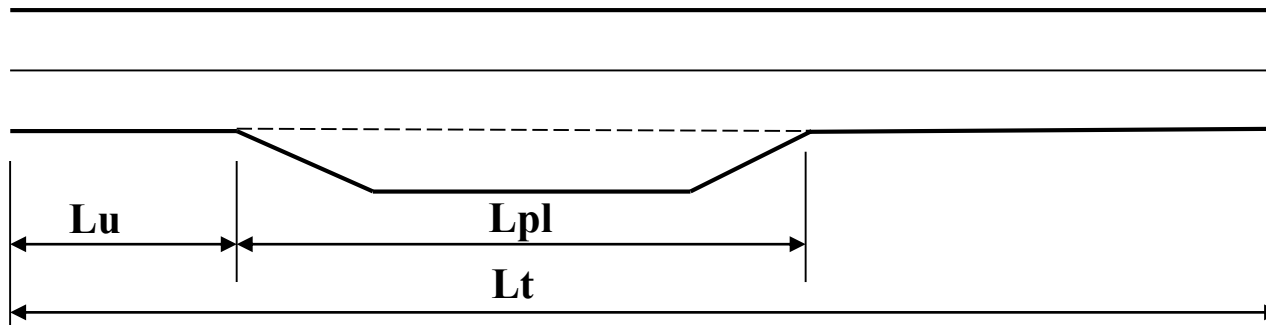
## Esercizio N° 13

Determinare il LOS per la strada dell'esercizio precedente nella direzione di maggior traffico in conseguenza della introduzione di una corsia di sorpasso con le seguenti ipotesi:

Lunghezza del tratto precedente la corsia di sorpasso  $L_u = 1$  km

Lunghezza della corsia di sorpasso  $L_{pl} = 1,5$  km;

Lunghezza totale del tronco stradale  $L_t = 9,0$  km



# Esercizio N° 14

Una strada di tipo C1 (Corsie 3,75 m banchine 1,75 m) di lunghezza complessiva  $L = 12$  km è formata da un primo tratto pianeggiante di lunghezza  $L1 = 4$  km, da un secondo tratto di lunghezza  $L2 = 3,2$  km con pendenza del 6%, e da un terzo tratto di lunghezza  $L3 = 4,8$  km pianeggiante. Volume dell'ora di punta egualmente distribuito nelle due direzioni è  $V = 540$  veic./h;

Fattore dell'ora di punta PHF = 0,85;

10 % di veicoli pesanti, di cui il 40 % viaggia in discesa con velocità ridotta (37 km/h);

Andamento altimetrico collinare (ondulato);

40 % di zone in cui non è consentito il sorpasso,

Velocità base di flusso libero BFFS = 96 km/h

Frequenza accessi 3/km.

Determinare il LOS per i tronchi pianeggianti ed in quello intermedio nel verso della salita, valutando l'opportunità di inserire una corsia di arrampicamento nel tratto intermedio.

# Esercizio N° 15

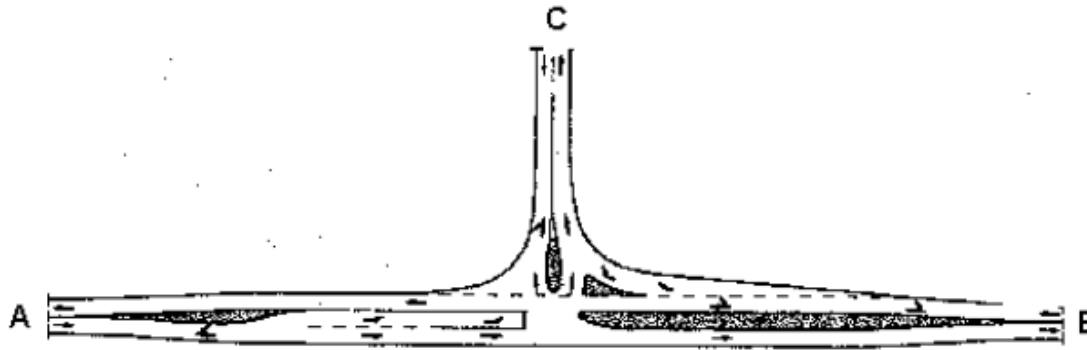
Table 1: Measure of accepted gap and the maximum rejected gap (s).

$t_a$	$t_r$	$t_a$	$t_r$	$t_a$	$t_r$	$t_a$	$t_r$	$t_a$	$t_r$	$t_a$	$t_r$
5.26	1.68	3.29	0	3.86	0	4.11	0	2.31	0	1.8	1.43
3.46	1.16	3.35	1.93	2.97	0	5.21	3.01	5.11	2.45	3.22	0
4.76	2.08	4.22	2.44	3.49	0	3.14	0	3.69	0	5.21	2.18
1.97	0	4.06	2.44	2.48	0	3.54	0	4.99	3	2.46	1.68
5.75	0	4.01	1.93	3.78	1.92	2.01	0	5.54	2.36	3.67	1.93
2.72	0	3.32	1.68	2.89	2.61	6	0	4.21	0	2.59	0
5.05	0	2.89	0	2.59	2.41	4.51	0	3.32	0	2.94	0
4.26	1.55	3.13	0	3.06	1.4	3.33	0	3.68	2	6.82	4.06
3.22	0	4.66	3.35	3.97	2.77	3.56	2.24	3.96	2.1	7.24	2.18
2.18	1.16	4.26	2.94	4.22	2.18	4.25	2.14	5.25	1.89	3.49	2.32
3.49	0	4.22	3.6	3.6	2.69	5.21	2.54	5.47	2.58	4.1	2.72
3.74	2.72	5.26	2.34	3.13	1.39	3.45	0	4.12	2.47	5.16	2.56
2.72	0	2.86	0	4.53	1.93	2.88	2.01	2.36	0	2.32	2.08
1.93	0	3.78	0	5.05	2.16	3.23	0	2.98	0	3.42	2.03
2.18	1.42	2.56	0	4.42	0	4.1	0	3.56	0	4.21	1.56
4.12	0	3.55	2.11	3.03	1.48	2.64	0	4.25	2.45	5.21	2.22
4	2.63	2.88	0	5.5	3.12	4.26	2.41				

**Determinare l'intervallo critico sulla base delle seguenti rilevazioni di intervalli accettati e rifiutati da 100 veicoli su un'intersezione.**



# Esercizio N° 16



## DATI INIZIALI

- Velocità di riferimento per la strada principale A-B pari a  $V_{85}=70$  km/h (è la velocità di progetto " $V_p$ " dedotta dal diagramma di velocità, per le strade di nuova, costruzione o l'85° percentile della distribuzione delle velocità istantanee " $V_{85}$ " per le strade esistenti).
- Portate dei flussi diretti ed in svolta

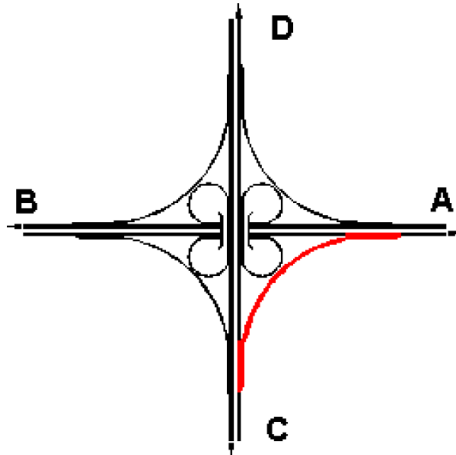
Matrice Origine-Destinazione

ORIGINE	DESTINAZIONE		
	A	B	C
A		700	100
B	750		150
C	190	60	

**Progettare gli elementi (corsie specializzate e isole di canalizzazione) dell'intersezione indicata. Si valuti il livello di servizio delle varie manovre. Si valutino inoltre i triangoli di visibilità supponendo che la strada secondaria sia dotata di STOP.**

# Esercizio N° 17

Progettare le rampe, di almeno un quadrante, dello svincolo in figura tra due strade di categoria A, e valutarne il livello di servizio.



I dati sono:

$$V_{pCD} = 120 \text{ [km/h]} = 33.33 \text{ [m/sec]}$$

$$V_{pBA} = 120 \text{ [km/h]} = 33.33 \text{ [m/sec]}$$

Portata direzionale:

Volume di traffico per direzione a monte dell'intersezione sulla strada A-B:

$$V_A = V_B = TGM * 0.10 = 28000 * 0.10 = 2800 \text{ [veic/h]}$$

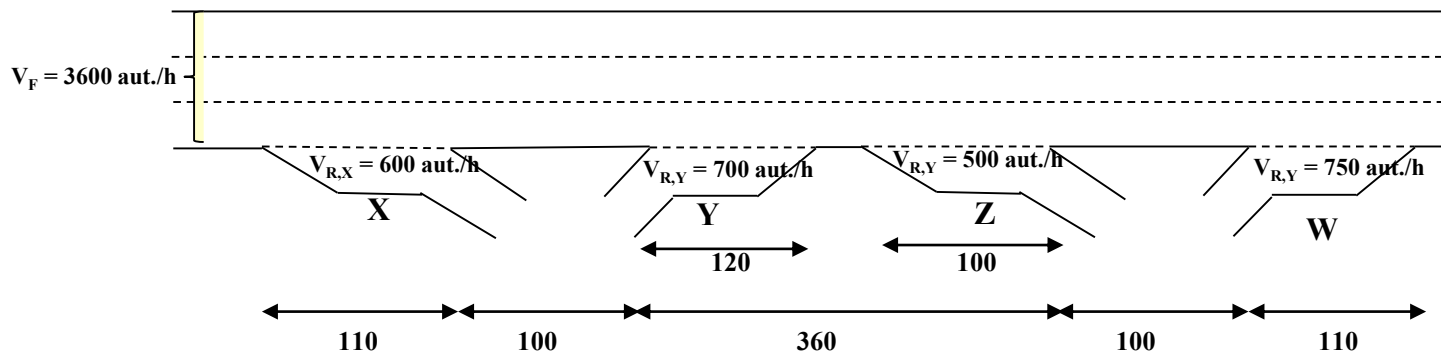
% veicoli pesanti = 10 %

% veicoli turistici = 1 %

Origine / Destinazione	A	B	C	D
A		2100	270	430
B	2100		450	250
C	450	250		300
D	200	450	450	

Volume di traffico diretto per senso di marcia [veic/ora]	Traffico diretto	Restante nella corsia		n.1 [%]
	Autostrada a 8 corsie	Autostrada a 6corsie	Autostrada a 4 corsie	
≥6500	10	-	-	-
6000+6499	10	-	-	-
5500+5999	10	-	-	-
5000+5499	9	-	-	-
4500+4999	9	18	-	-
4000+4499	8	14	-	-
3500+3999	8	10	-	-
3000+3499	8	6	40	-
2500+2999	8	6	35	-
2000+2499	8	6	30	-
1500+1999	8	6	25	-
1499≤	8	6	20	-

# Esercizio N° 18



In figura è rappresentata schematicamente la successione di quattro rampe (X,Y,Z,W) di una carreggiata autostradale a tre corsie. Tale situazione si potrebbe presentare, ad esempio, per gli svincoli a quadrifoglio, nella quale non si prevede tra le rampe Y e Z una corsia unica ausiliaria (quindi senza zona di scambio).

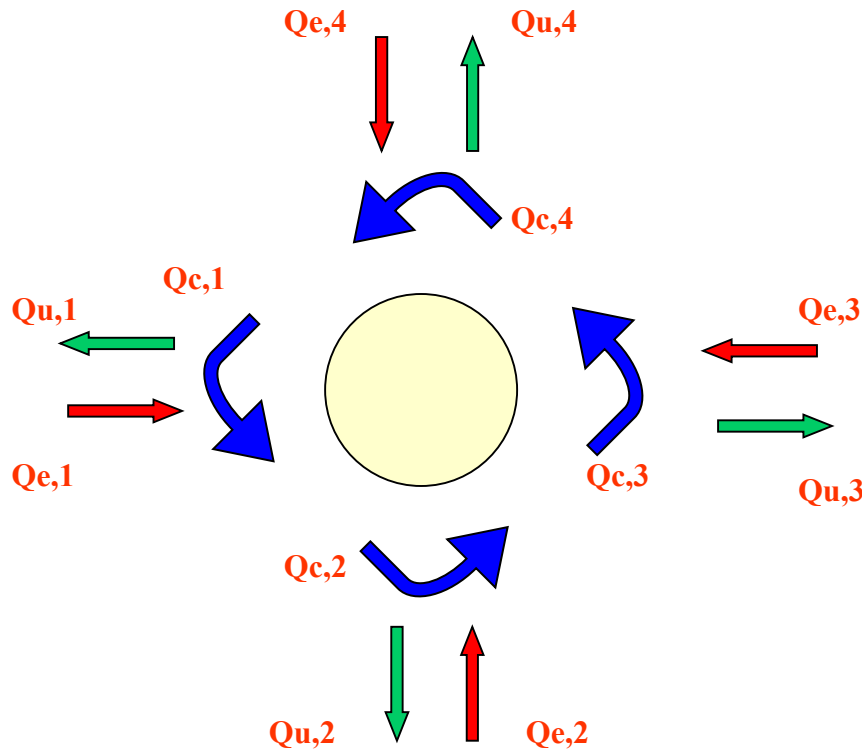
Si vuole valutare il LOS delle quattro aree di influenza con i dati riportati in figura e le seguenti velocità:

Velocità di flusso libero dell'autostrada  $S_{FF} = 120 \text{ km/h}$ ;

Velocità di flusso libero delle rampe X e W  $S_{FF,X} = S_{FF,W} = 70 \text{ km/h}$ ;

Velocità di flusso libero delle rampe Y e Z  $S_{FF,Y} = S_{FF,Z} = 55 \text{ km/h}$ .

# Esercizio N° 19

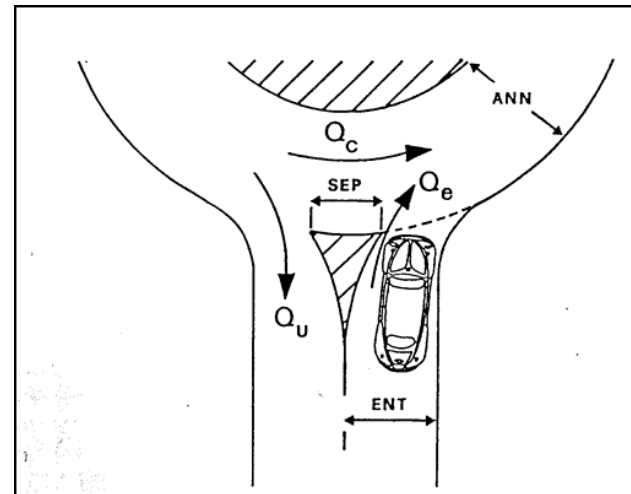


$$Q_{e,1} = 340 \text{ v/h} \quad Q_{u,1} = 380 \text{ v/h} \quad Q_{c,1} = 190 \text{ v/h}$$

$$Q_{e,2} = 236 \text{ v/h} \quad Q_{u,2} = 230 \text{ v/h} \quad Q_{c,2} = 300 \text{ v/h}$$

$$Q_{e,3} = 477 \text{ v/h} \quad Q_{u,3} = 322 \text{ v/h} \quad Q_{c,3} = 214 \text{ v/h}$$

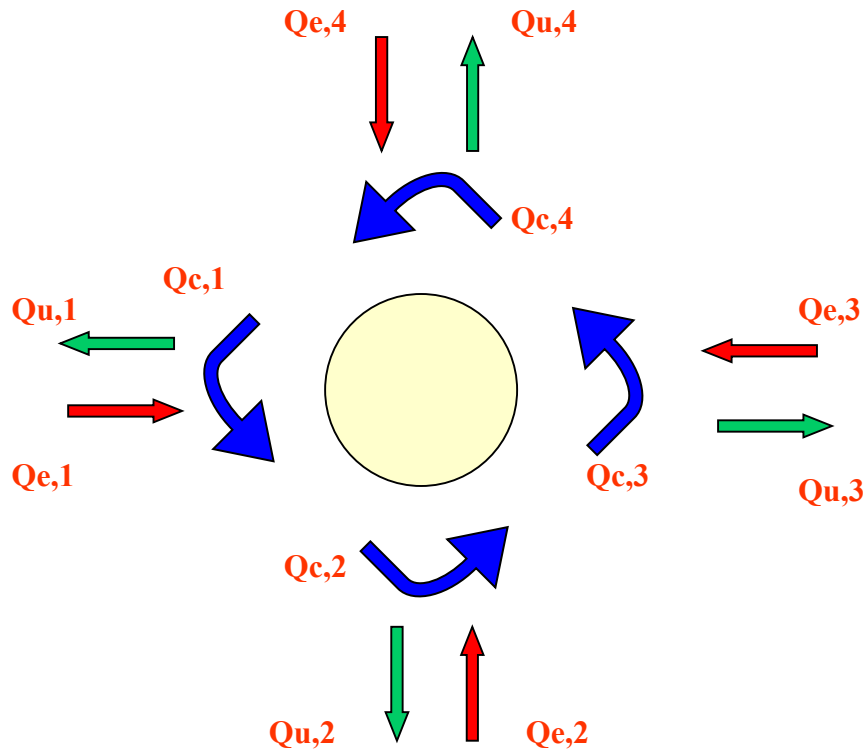
$$Q_{e,4} = 152 \text{ v/h} \quad Q_{u,4} = 271 \text{ v/h} \quad Q_{c,4} = 418 \text{ v/h}$$



Si consideri una rotonda a quattro bracci avente le seguenti caratteristiche: larghezza anello ANN = 8 m a una corsia; Larghezza bracci entrata ENT = 6 m a una corsia; larghezza isola spartitraffico SEP = 15 m, Raggio isola centrale R = 20 m, larghezza bracci in uscita 6 m

Calcolare le capacità degli ingressi con i vari metodi

# Esercizio N° 20



Uscite Ingressi	1	2	3	4
1	0,00	0,18	0,65	0,17
2	0,20	0,00	0,21	0,59
3	0,72	0,10	0,00	0,18
4	0,20	0,70	0,10	0,00

$$Q_{e,1}=700; Q_{e,2}=525; Q_{e,3}=310; Q_{e,4}=430$$

Si consideri una rotonda a quattro bracci avente le seguenti caratteristiche: larghezza anello ANN = 8 m a una corsia; Larghezza bracci ENT = 6 m a una corsia; larghezza isola spartitraffico SEP = 15 m, Raggio isola centrale R = 20 m.

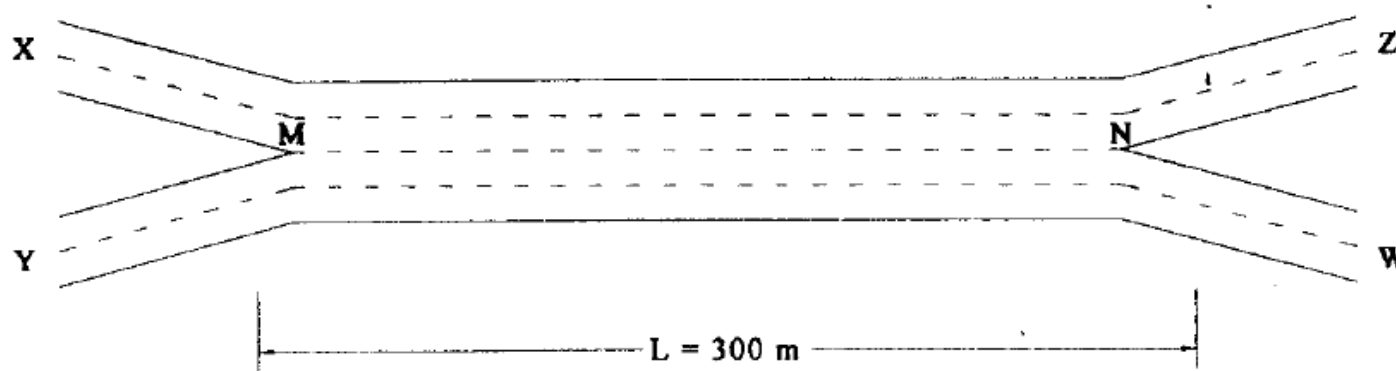
Calcolare la capacità semplice, le riserve di capacità, la lunghezza delle code in ingresso, i tempi di attesa e la capacità totale, utilizzando diversi metodi.

# Esercizio N° 21

La zona di scambio principale, riportata in figura, è formata da carreggiate autostradali la cui velocità di flusso libero è 120 km/h ( $S_{FF}$ ). Si determini il livello di servizio (LOS) conoscendo i flussi di seguito indicati:

$$V_{X-Z} = V_{0,1} = 1700 \text{ autovet./h}; \quad V_{Y-W} = V_{0,2} = 1400 \text{ autovet./h};$$

$$V_{Y-Z} = V_{w,2} = 1500 \text{ autovet./h}; \quad V_{X-W} = V_{w,1} = 800 \text{ autovet./h}.$$



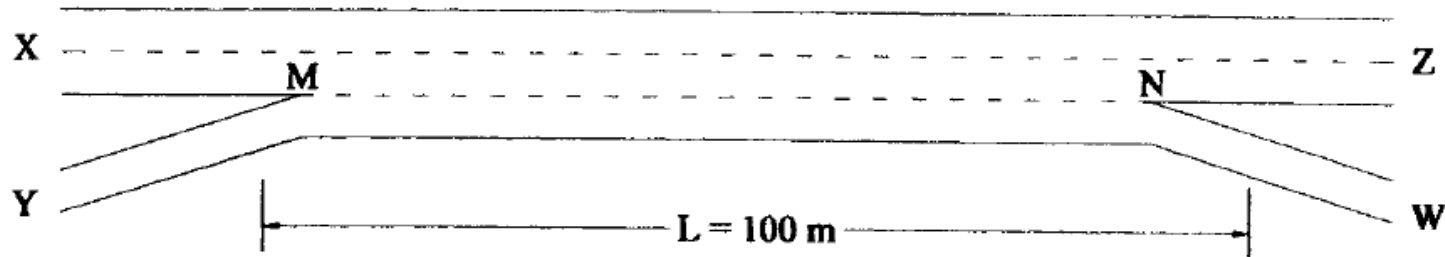
# Esercizio N° 22

Si consideri la situazione in figura che si verifica ad esempio in uno svincolo a quadrifoglio.

Si vuole verificare se con la lunghezza della corsia ausiliaria  $L$  100 m e con i flussi di seguito indicati si raggiunge almeno il LOS C. Si consideri la velocità di flusso libero  $SFF = 110$  km/h.

$$V_{X-Z} = V_{0,1} = 1600 \text{ autovet./h}; \quad V_{Y-W} = V_{0,2} = 0 \text{ autovet./h};$$

$$V_{Y-Z} = V_{w,2} = 380 \text{ autovet./h}; \quad V_{X-W} = V_{w,1} = 500 \text{ autovet./h}.$$



# Esercizio N° 23

Si consideri la situazione dell'esercizio 17 per calcolare il tratto tra le due rampe indirette (cappi) come zona di scambio e non come somma di dure corsie di immissione e uscita.

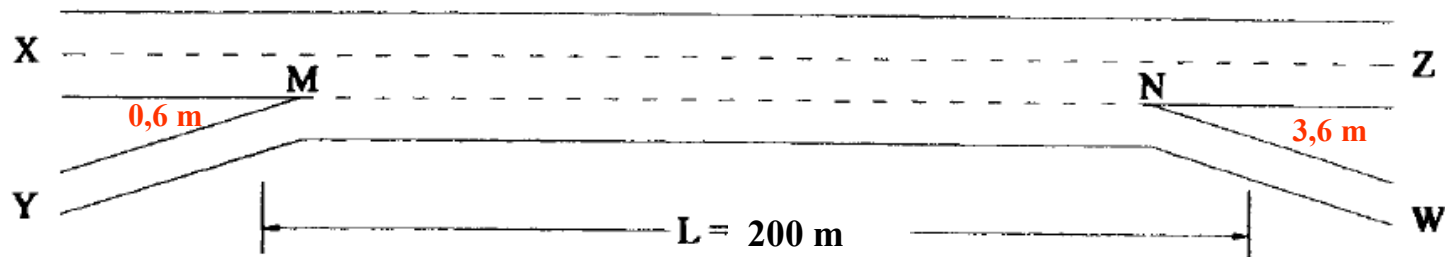
Si vuole individuare con la lunghezza della corsia minima (tenuto dei raggi di curvatura delle clotoidi e della larghezza dell'impalcato)  $L = 200$  m (sarebbe 191 m) e con i flussi previsti (ma che per semplicità si sono considerate solo autovetture) di seguito indicati quale LOS si ottiene. Si consideri la velocità di flusso libero, quella indicate nell'esercizio 17,  $SFF = 120$  km/h.

$$Q_{BA} = V_{X-Z} = V_{0,1} = 2100 \text{ autovet./h};$$

$$V_{Y-W} = V_{0,2} = 0 \text{ autovet./h};$$

$$Q_{DA} = V_{Y-Z} = V_{w,2} = 200 \text{ autovet./h};$$

$$Q_{BD} = V_{X-W} = V_{w,1} = 250 \text{ autovet./h.}$$





## Esercizio N° 24

**Un treno merci formato da un locomotore e 10 carri, viaggia alla velocità di 70 km/h su un tronco ferroviario in salita con pendenza del 2% ed in curva (con raggio di 900 m). Calcolare la potenza necessaria al motore per vincere le resistenze essendo noti i seguenti parametri:**

**massa locomotore  $M_L=80$  t; massa per ogni carro merci 50 t; rendimento motore 0,85; resistenza ordinaria specifica  $r_0=2,5+0,00003*V^2$  [N/kN] con V in km/h.**

## Esercizio N° 25

Un treno merci viaggia alla velocità di 80 km/h su un tronco ferroviario in salita con pendenza del 2%. Determinare il numero massimo di carri che il locomotore può trainare, noti i seguenti parametri: massa locomotore  $M_L=80$  t; massa per ogni carro merci 50 t; potenza motore 3600 kW, rendimento motore 0,85; resistenza ordinaria specifica  $r_0=2,5+0,00003*V^2$  [N/kN] con V in km/h.

## Esercizio N° 26

Un treno passeggeri formata da un locomotore e 10 carrozze, viaggia su un tronco ferroviario in salita (pendenza 2%) ed in curva ( con raggio di curvatura pari a 1000 m,  $r_c = 800/R$ ). Determinare la velocità massima che il treno può raggiungere in condizioni di regime, noti i seguenti parametri:

massa locomotore  $M_L = 100$  t; massa per ogni carro 50 t; potenza motore 3200 kW, rendimento motore 0,90; resistenza ordinaria specifica  $r_0 = 2,0 + 0,00028 * V^2$  [N/kN] con V in km/h.

## Esercizio N° 27

Verificare se un locomotore, partendo da fermo, riesce a trainare 15 carri su una linea ferroviaria in curva ( $r = 5$  km) in salita (0,1 %). Sono noti i seguenti parametri: massa locomotore  $M_L=100$  t; massa per ogni carro merci 50 t; potenza motore 5000 kW, rendimento motore 0,85; resistenza ordinaria specifica  $r_0=2,0+0,00028*V^2$  [N/kN] con  $V$  in km/h; accelerazione in avviamento 0,2 m/s<sup>2</sup>; coefficiente di inerzia masse rotanti 1,1; coefficiente aderenza 0,3; locomotiva con tutti gli assi motori; resistenza curva 800 [N\*m/kN].

# Esercizio N° 28

**Si consideri una linea ferroviaria ad alta velocità ( $V_{\max} = 300$  km/h) sulla quale possano circolare anche treni merci ad una velocità di 80 km/h, progettare e tracciare una curva circolare con la relativa curva di transizione.**

**In particolare sono richiesti:**

**Il raggio minimo delle curve circolari;**

**La sopraelevazione della rotaia esterna nelle condizioni di raggio minimo;**

**Per un raggio superiore al minimo si definisca la relativa sopraelevazione;**

**Si definisca l'equazione delle parabole cubiche relative alle due curve circolari sopra calcolate;**

**Si traccino le curve circolari e le parabole cubiche in un sistema di riferimento cartesiano la cui origine corrisponda all'origine della parabola cubica.**

## Esercizio N° 29

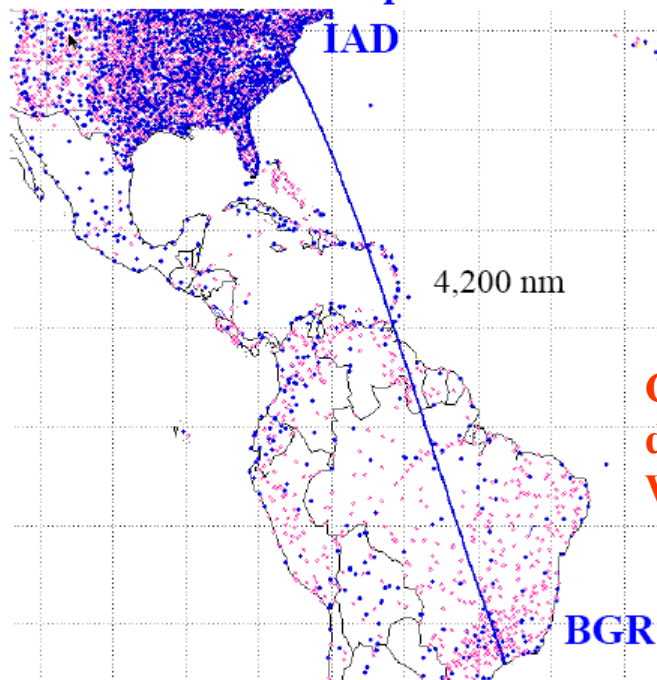
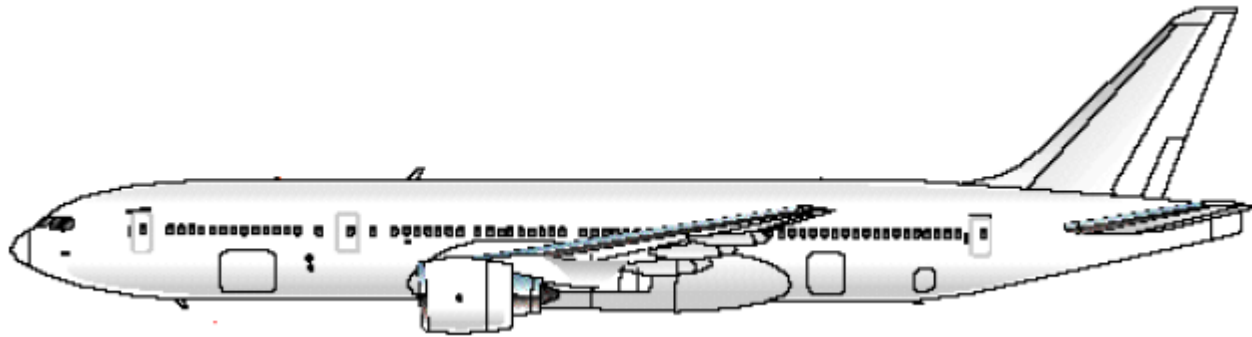
Calcolare la sopraelevazione della rotaia esterna quando è ammessa una accelerazione non compensata massima di  $0,6 \text{ m/s}^2$ , su una curva con una velocità di percorrenza di  $100 \text{ km/h}$  e raggio  $475 \text{ metri}$ .

Calcolare la sopraelevazione della rotaia esterna quando è ammessa una accelerazione non compensata massima di  $0,6 \text{ m/s}^2$ , su una curva con una velocità di percorrenza di  $100 \text{ km/h}$  e raggio  $800 \text{ metri}$ .

Calcolare la sopraelevazione della rotaia esterna quando quale è ammessa una accelerazione non compensata massima di  $0,6 \text{ m/s}^2$ , su una curva con una velocità di percorrenza di  $75 \text{ km/h}$  e raggio  $475 \text{ metri}$ .

Determinare il raggio minimo e la corrispondente sopraelevazione della rotaia esterna per una curva su una linea percorsa da treni merci con  $V_1 = 120 \text{ km/h}$  e  $a_{ic} = -0,25 \text{ m/s}^2$ , e treni viaggiatori di tipo veloce con  $V_2 = 250 \text{ km/h}$  e  $a_{nc} = 0,8 \text{ m/s}^2$

# Esercizio 30



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

$$DTW = OEW + PYL + FW$$

**Calcolare il massimo carico pagante ed il quantitativo di combustibile necessario per servire la tratta Washington – San Paulo con un Boeing 777**

# Esercizio 30

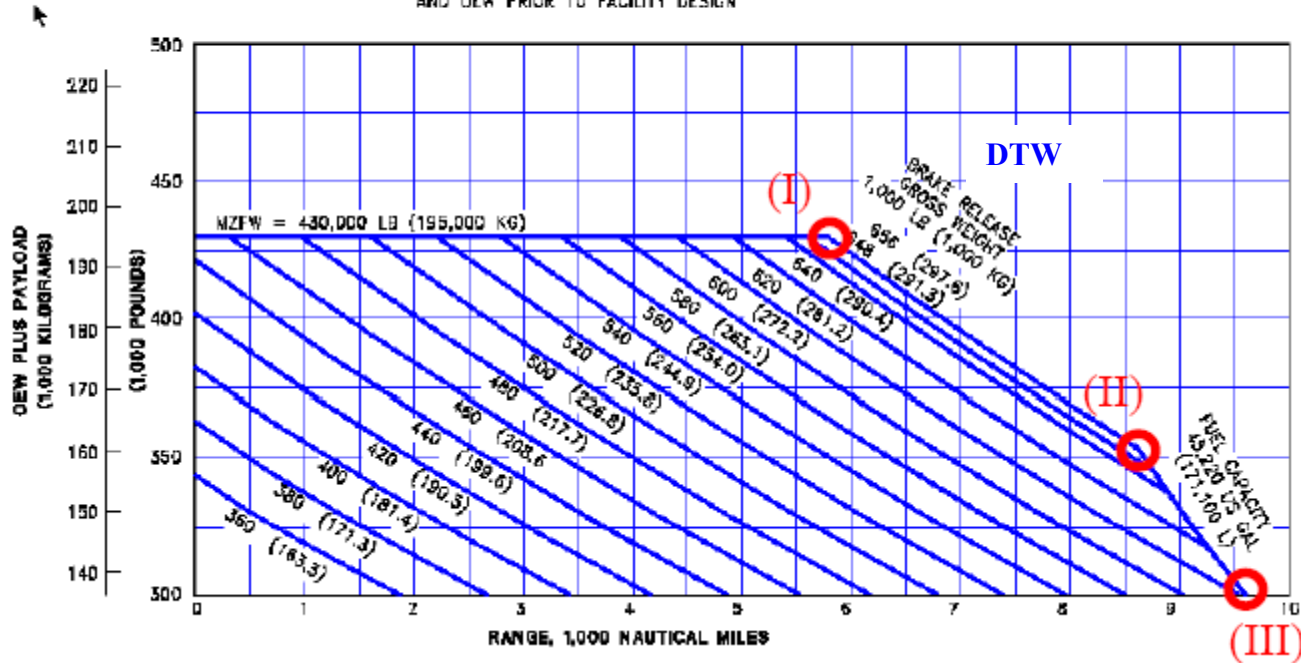
CHARACTERISTICS	UNITS	BASELINE AIRPLANE			HIGH GROSS WEIGHT OPTION		
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	508,000	517,000	537,000	582,000	592,000	634,500
	KILOGRAMS	230,450	234,500	243,500	263,640	268,480	287,800
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	506,000	515,000	535,000	580,000	590,000	632,500
	KILOGRAMS	229,500	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( )	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



# Esercizio 30

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



# Esercizio 31

Con i dati anemometrici in tabella, costruire la rosa dei venti, e calcolare il coefficiente anemometrico per le 16 direzioni fondamentali previste dall'ICAO, sia per pista bidirezionale che mono direzionale, inoltre individuare la direzione migliore di orientamento della pista aeroportuale

direzioni	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Intensità Vento																
0 - 4 nodi	81,768															
4 - 10	0,787	0,513	1,267	1,917	4,863	1,095	1,232	0,924	0,958	0	0	0	0	0	0	0
10 - 13	0	0,102	0,376	0,41	1,13	0,102	0,205	0	0	0,136	0	0	0	0	0	0
13 - 20	0,068	0,102	0,136	0,205	1,061	0,064	0,034	0,068	0,068	0	0	0	0	0	0	0
> 20	0	0	0	0,136	0,171	0,034	0,034	0	0,034	0	0	0	0	0	0	0

# Esercizio 32

## USO DEI DIAGRAMMI DI PRESTAZIONE PER IL CALCOLO DELLA LUNGHEZZA DI PISTA AL DECOLLO E ALL'ATTERRAGGIO

### DATI:

Lunghezza pista: 3000 m

Quota di riferimento dell'aeroporto: 12,5 m s.l.m

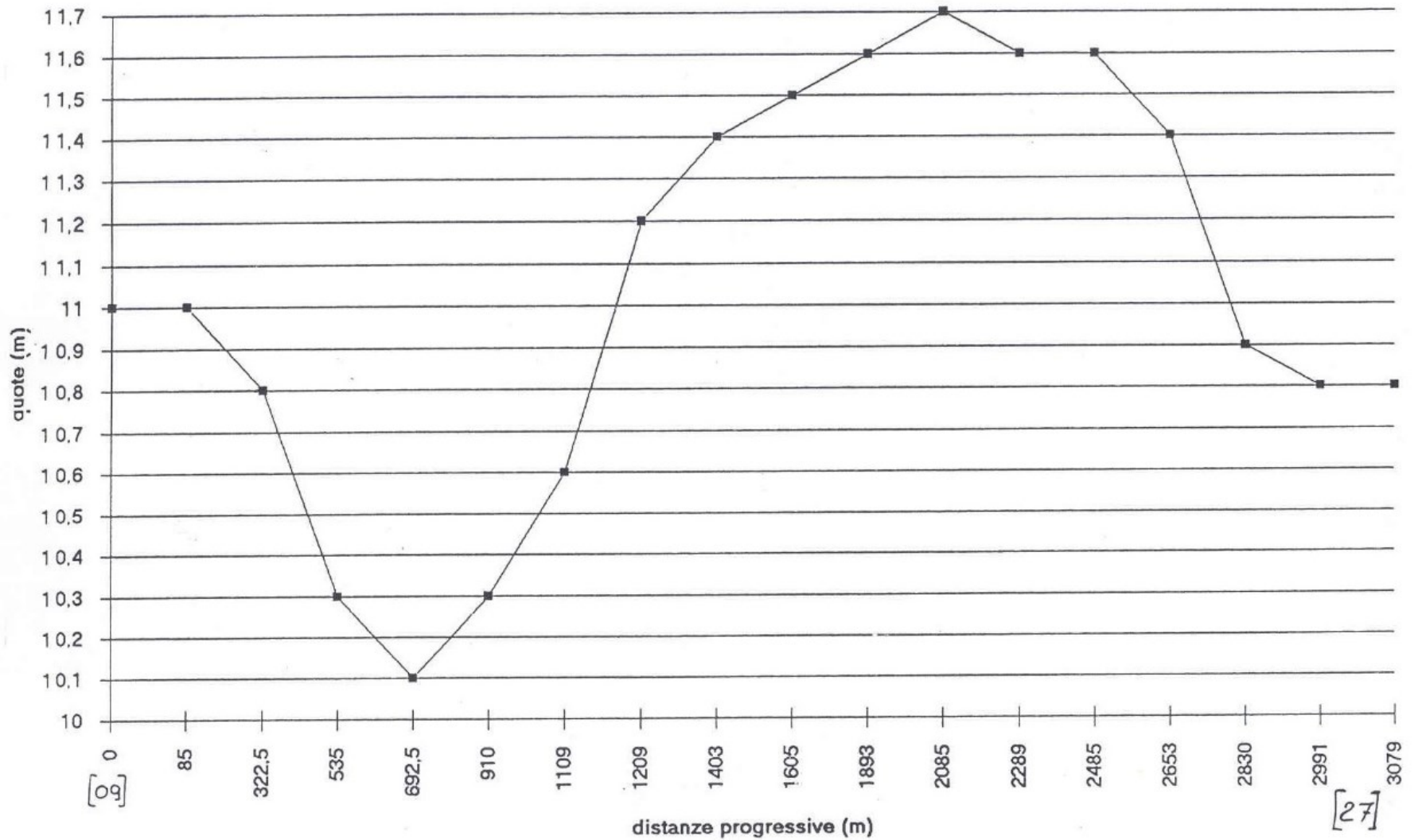
Temperatura di riferimento dell'aeroporto: 28,6 ° C

Pendenza longitudinale della pista. Vedi profilo allegato

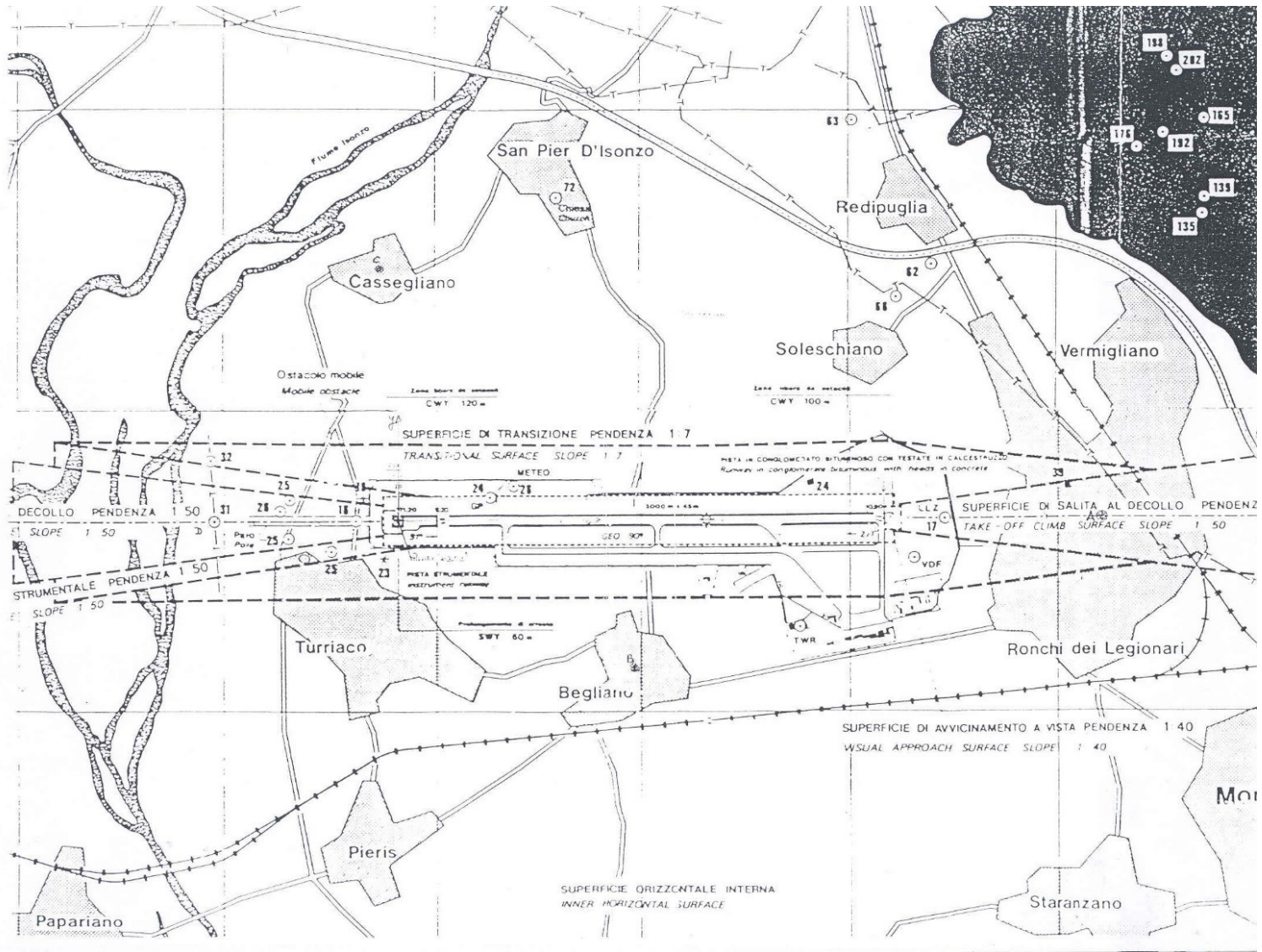
AEREI	Peso al decollo [kg]	Peso all'atterraggio [km/h]	Velocità in soglia [km/h]
MD80	67.000	55.000	250
ATR42	14.500	-	200
BAE 146/300	44.000	38.000	200

**DETERMINARE:** Lunghezza base della pista; Classe ICAO dell'aeroporto; verificare il profilo in funzione della classe ICAO; Distanze dichiarate; distanze richieste per ogni aereo; verifica delle uscite per i vari aerei;

# Esercizio 32



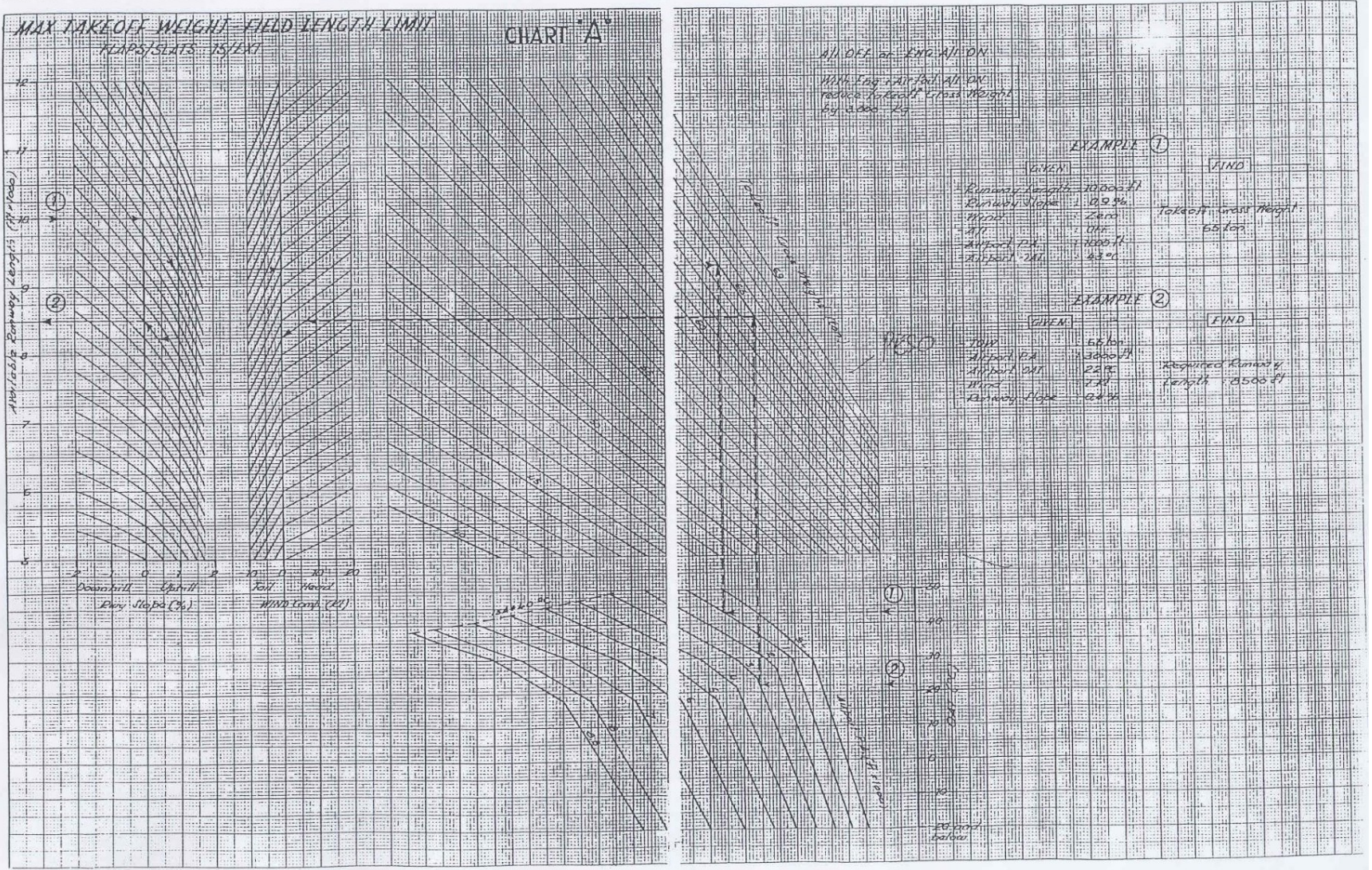
# Esercizio 32



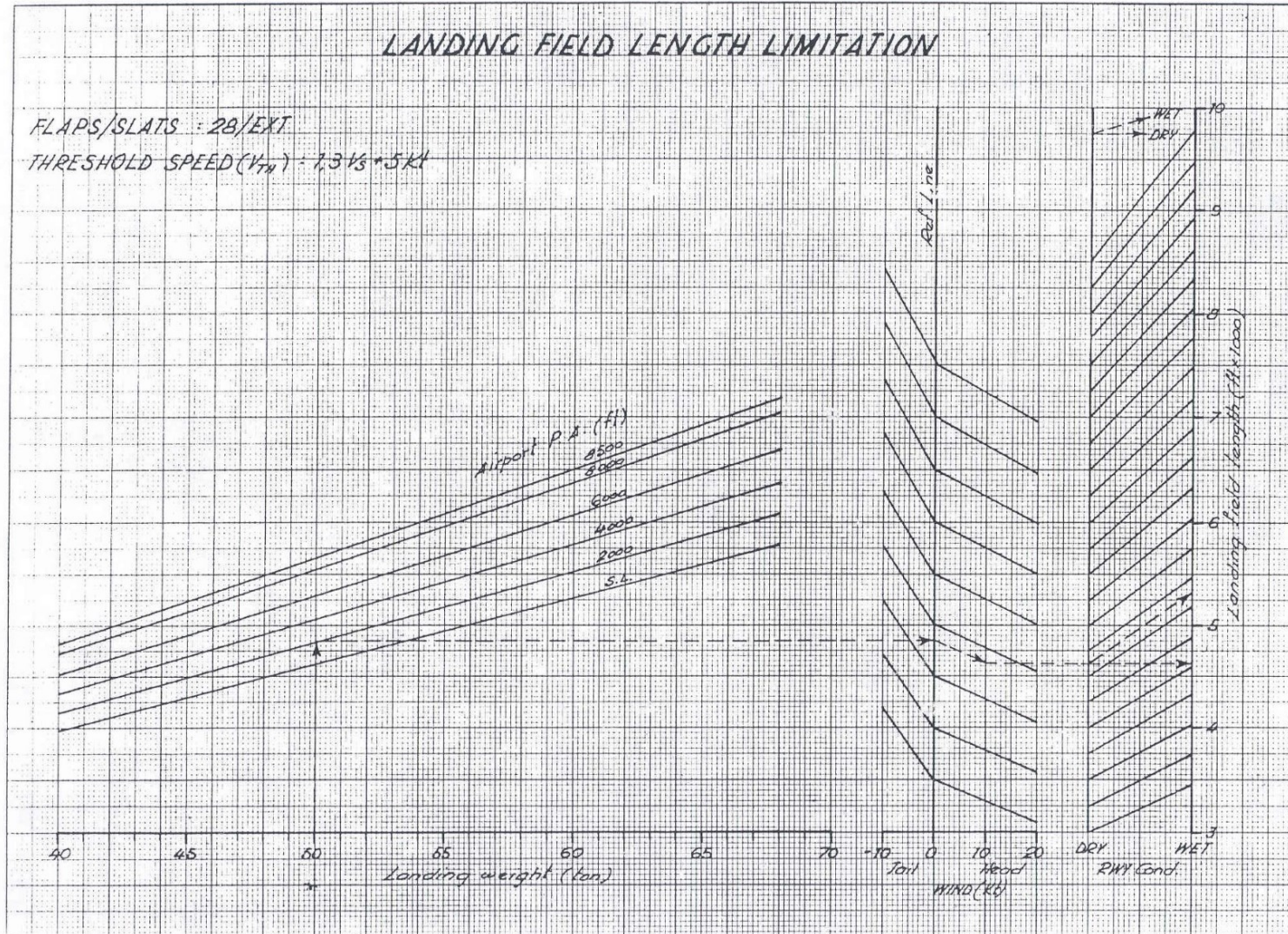
# Esercizio 32



# Esercizio 32



# Esercizio 32

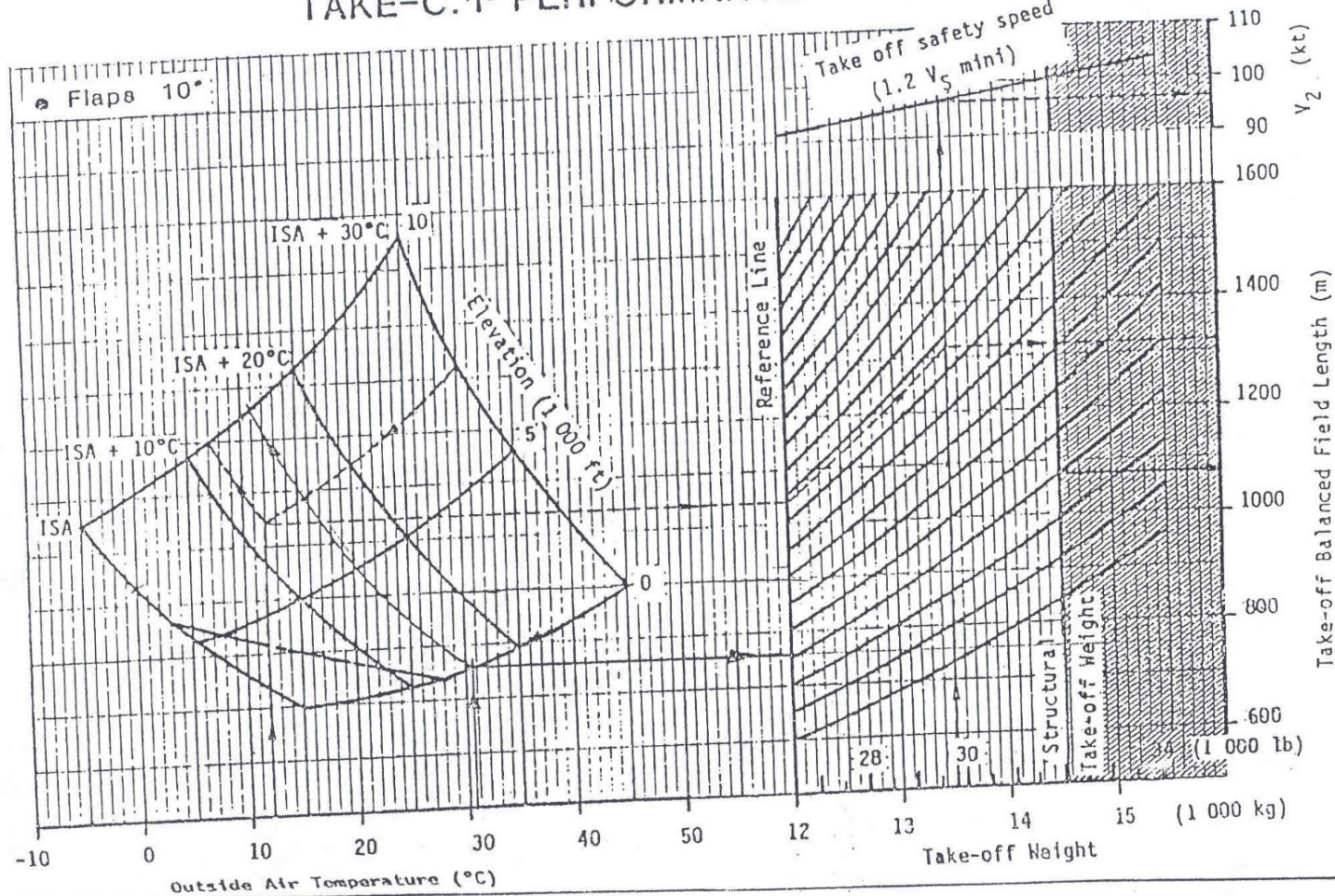


 <b>DC9/80</b> <small>OPERATIONS MANUAL</small>	Certified Performance <b>LANDING FIELD LENGTH LIMITATION</b> FLAP 28
II	09-40-03 OCT 83



# Esercizio 32

## TAKE-OFF PERFORMANCE (DRY RUNWAY)



ATR 42

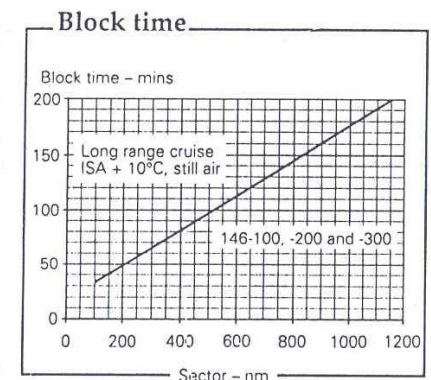
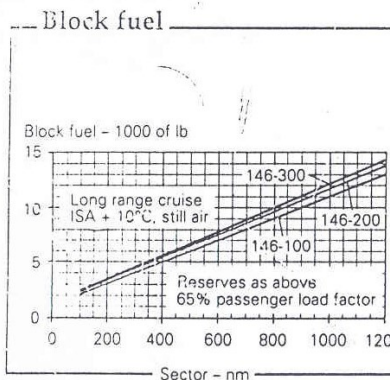
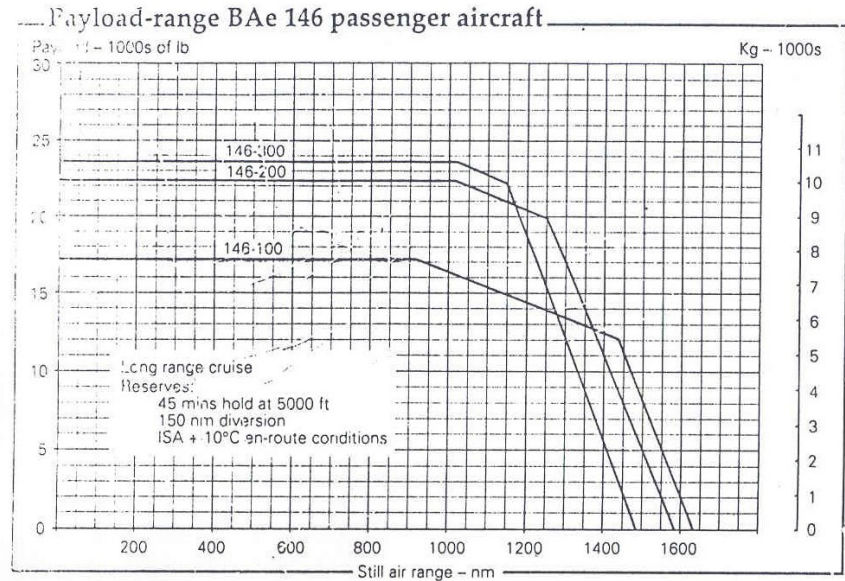
# Esercizio 32

Design weights, dimensions

	146-100		146-200		146-300	
	lb (kg)		lb (kg)		lb (kg)	
Maximum ramp weight	84500 (38329)		93500 (42411)		99000 (44452)	
Maximum take-off weight	84000 (38102)		93000 (42184)		97500 (44225)	
Maximum landing weight	77500 (35153)		81000 (36741)		84500 (38329)	
Maximum zero-fuel weight	68500 (31071)		75000 (34019)		78500 (35607)	
Typical operating weight empty*	51342 (23290)		52651 (23884)		54949 (24991)	
Passenger aircraft			49185 (22310)		50985 (23126)	
OT freighter			57137 (25917)		59343 (26918)	
OT convertible (passengers)			52868 (23981)		54498 (24720)	
OT convertible (freight)						
Design speeds V <sub>mo</sub> /M <sub>mo</sub>	300 kt IAS/0.73M†		295 kt/0.73M†		305 kt/0.73M†	
Typical cruise speed	425 kt TAS		As -100		As -100	

\* Including normal operating items, basic emergency equipment plus crew and their baggage, plus basic galley structure, basic seats and catering when applicable.

† FAR, JAR 0.72M



# Esercizio 32

## Design weights, dimensions

	146-100	146-200	146-300
	lb (kg)	lb (kg)	lb (kg)
Maximum ramp weight	84500 (38329)	93500 (42411)	98000 (44452)
Maximum take-off weight	84000 (38102)	93000 (42184)	97500 (44225)
Maximum landing weight	77500 (35153)	81000 (36741)	84500 (38329)
Maximum zero-fuel weight	68500 (31071)	75000 (34019)	78500 (35607)
Typical operating weight empty: <sup>*</sup>			79000 (35834) QT
Passenger aircraft	51342 (23290)	52651 (23884)	54848 (24881)
QT freighter		49185 (22310)	50985 (23126)
QT convertible (passengers)		57137 (25917)	59343 (26918)
QT convertible (freight)		52868 (23981)	54498 (24720)
Design speeds V <sub>mo</sub> /M <sub>mo</sub>	300 kt IAS/0.73M†	295 kt/0.73M†	305 kt/0.73M†
Typical cruise speed	425 kt TAS	As -100	As -100

<sup>\*</sup> Including normal operating items, basic emergency equipment plus crew and their baggage, plus basic galley structure, basic seats and catering when applicable.

† FAR, JAR 0.72M

## Dimensions, capacities

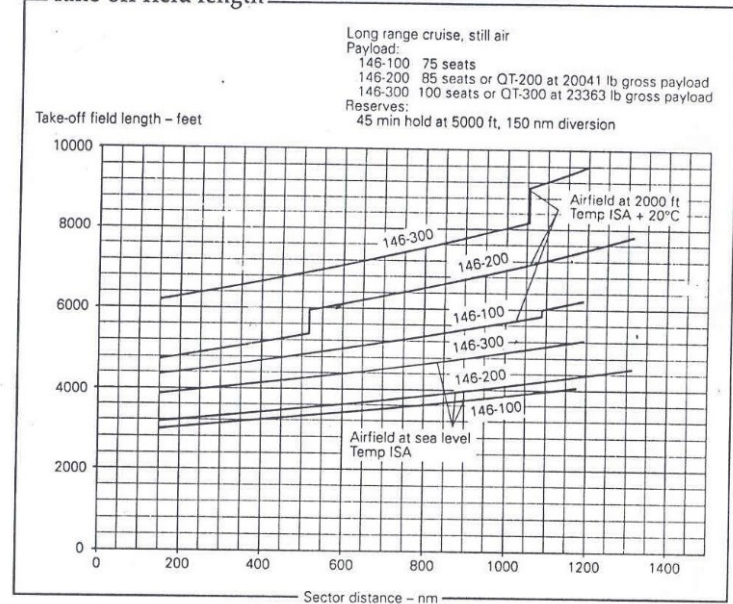
	146-100	146-200	146-300
Wing span	86 ft 5 in (26.34 m)	As -100	As -100
Length	85 ft 11 in (26.19 m)	93 ft 10 in (28.60 m)	101 ft 8 in (30.99 m)
Height	28 ft 3 in (8.61 m)	28 ft 2 in (8.59 m)	As -200
Cabin length	50 ft 7 in (15.42 m)	58 ft 5 in (17.81 m)	66 ft 3 in (20.20 m)
max width	134.5 in (341.6 cm)	As -100	As -100
headroom	80.0 in (203.2 cm)	As -100	As -100
floor width	127.6 in (324.1 cm)	As -100	As -100
Seating	70-94	85-112	90-128
Baggage holds:			
total volume (front and rear)	479 cu ft (13.56 cu m)	645 cu ft (18.26 cu m)	812 cu ft (22.99 cu m)
QT freighter capacity:			
LD3 containers		9	10
108 x 88 pallets/igloos		6 plus half pallet	7 plus half pallet
125 x 96 pallets/igloos		4	5
Fuel capacity:			
Standard	2580 Imp gal (3096 US gal, 11729 litres)		
Optional (inc fillet tanks)	2838 Imp gal (3406 US gal, 12901 litres)		

## Engines

Type	Textron Lycoming ALF 502R-5
Take-off thrust (static, sea level, ISA)	6970 lb (31.00 kN)
Overall pressure ratio	12:1
Bypass ratio	5.6:1
Overall length	58.8 in (1.44 m)
Fan case diameter	41.7 in (1.06 m)
Weight, complete engine, dry	1270 lb (577 kg)

## Airfield performance

### Take-off field length



### Landing field length

	146-100		146-200		146-300	
	Airfield elevation					
	MSL	2000 ft	MSL	2000 ft	MSL	2000 ft
Dry runway	3380 ft (1030 m)	3535 ft (1077 m)	3510 ft (1070 m)	3660 ft (1116 m)	3740 ft (1140 m)	3880 ft (1183 m)
Wet runway	3887 ft (1185 m)	4055 ft (1239 m)	4037 ft (1230 m)	4209 ft (1283 m)	4301 ft (1311 m)	4462 ft (1360 m)

ISA temperatures, still air, level paved runway  
 Landing weight:  
 146-100 75 passengers  
 146-200 85 passengers or (QT) 20041 lb gross payload  
 146-300 100 passengers or (QT) 23363 lb gross payload  
 Fuel for 45 min hold at 5000 ft and 150 nm diversion

Performance to JAR (Method A) and FAR certification requirements