

Capitolo XLI
Consulenza radaristica Neri-Giubbolini - 25.05.93.

Il 25 maggio 93 i consulenti dott. Paolo Neri e dott. Marco Giubbolini, nell'interesse delle parti imputate Santucci, Ferri, Zauli, hanno

depositato commenti al documento “Analisi dei dati radar del sito di Fiumicino”, (draft redatto dal membro del collegio d’Ufficio, Picardi, il 09.10.92).

Il documento, diviso in due parti, tratta dapprima di “altre considerazioni sulla possibilità che i plots (-12) e (-17) siano falsi allarmi” e successivamente delle “analisi delle traiettorie dei rottami”. Nella parte concernente le possibilità che i plots (-12) e (-17) siano falsi allarmi, riportano, secondo la propria interpretazione, il processo logico usato dal prof. Picardi, contenuto nella prima bozza, suddividendolo in due punti: l’elaborazione dei “dati radar relativi ai falsi plots in un’area ed in un periodo contenenti l’area e il tempo dell’incidente”; giungevano così alla conclusione che “tali falsi plots rispondevano al criterio dell’uniformità e stazionarietà e di conseguenza erano attribuibili a rumore” e di conseguenza che “dopo aver stimato in circa 10^{-5} la probabilità di falso allarme si valutava la probabilità di verificarsi di due falsi allarmi (-12) e (-17) in base a considerazioni legate alla presenza di un eventuale target, valutandone la probabilità complessiva in 10^{-4} ”. Con la conclusione che, essendo le probabilità 1/10.000, i plots erano generati da un aereo.

Ulteriormente riportano quanto contenuto nella 2° bozza, nella quale “dopo una escursione sulle precedenti prese di posizione sull’argomento si ritiene opportuno ripetere ancora le prove”. “Di conseguenza dopo aver scelto un congruo numero di falsi allarmi (112) in un settore di 112.5° intorno all’azimuth dell’incidente per 60 miglia a cavallo del range dell’incidente in un intervallo di 80’ prima e dopo l’incidente si arriva alla conclusione che l’insieme dei falsi allarmi è uniforme nello spazio e nel tempo e quindi si può stimare la PFA in 10^{-5} circa.

L’ipotesi di uniformità spazio temporale è giudicata con il solito test X^2 e risulta accettata a livello di significatività 0.05.

Riguardo alla distribuzione in tempo è opportuno sottolineare un diradamento degli eventi dopo le 19.25 dovuta probabilmente alla riduzione dell’attività solare.”

“L’indagine del prof. Picardi, indubbiamente corretta, si ferma a questo punto (valutazione del PFA) senza ulteriori considerazioni sui plot (-12) e (-17)”.

I consulenti, in considerazione delle analisi di questo perito, ritengono che la conclusione possa essere intesa o come una valutazione dei due plots perchè senza importanza o come una non considerazione delle probabilità 1/10.000 e quindi del fatto che essi siano stati generati da un aereo. Nel prosieguo i due consulenti intendono confutare questa ultima indicazione con un più approfondito calcolo.

“La prima osservazione riguarda la scelta delle aree dove calcolare le probabilità di avere plots dovuti al rumore. Nell’allegato vengono scelte in base a ragionamenti legati alla ipotesi alternativa (aereo) delle corone circolari (Fig.1.1) e si ottiene un livello di probabilità di circa 10^{-4} .

Se si fossero scelte aree più grandi o più piccole si sarebbero ottenuti valori più grandi o più piccoli. Al limite se si calcola la probabilità di avere due falsi allarmi dovuti al rumore nelle due celle di risoluzione del (-12) e del (-17) (realizzazione statistica indicata simbolicamente con R) a distanza di N=5 scansioni nelle quali tali falsi allarmi non si presentano, la formula è la presente:

$$P(R/\text{rumore}) = PFA^2 (1-PFA)^2 \times (N+1) \quad (1.1)$$

Sostituendo nella formula di cui sopra $PFA=10^{-5}$ si ricava un valore di $0.99988 \cdot 10^{-10}$ praticamente uguale a 1 ogni 10 miliardi.

Come si vede il valore di probabilità trovata dipende soltanto dalla scelta dell’area dove ci si aspetta che il falso allarme si verifichi e non da altre caratteristiche statistiche legate ai falsi allarmi stessi.

E’ infatti evidente che gli stessi ragionamenti e formule potrebbero essere applicati ad altre coppie presenti nelle figure 1.2 e 1.3 (e tabelle descrittive dei rispettivi parametri, vedi relazione Picardi). Ad esempio i falsi allarmi 708 ed 872 distanti temporalmente 14 scansioni hanno una probabilità a priori di presentarsi nella configurazione in cui si sono presentati, pari a 1 ogni 10 miliardi (per l’esattezza $0.9997 \cdot 10^{-10}$).

Il calcolo può essere ripetuto per la coppia di falsi allarmi 2885 e 2915 distanti temporaneamente 10 scansioni la cui probabilità a priori di presentarsi nella configurazione in cui si sono presentati è ancora di 1 ogni 10 miliardi ($0.9998 \cdot 10^{-10}$).

E’ bene evidenziare a questo punto che i numeri che abbiamo calcolato esprimono la probabilità di verificarsi di certe configurazioni di plots condizionati all’esistenza del rumore e che tale probabilità indicata con $P(R/\text{rumore})$ è ben diversa dalla $P(\text{rumore}/R)$.

Con la probabilità sopra definita si intende la probabilità a posteriori che una volta che la realizzazione R si è verificata la causa sia stato il rumore.

La $P(\text{rumore}/R)$ può essere calcolata con la formula di Bayes sotto riportata:

$$P(\text{Rumore}/R) = \frac{P(R/\text{Rumore}) P(\text{Rumore})}{P(R/\text{Rumore}) P(\text{Rumore}) + P(\text{altro})} \quad (1.2)$$

Nella formula compaiono ancora due termini ancora non considerati e precisamente la $P(\text{rumore})$ e la $P(\text{altro})$.

La $P(\text{rumore})$ indica la probabilità di esistenza del rumore che può essere assunta uguale ad 1 dato che il rumore è una causa ineliminabile negli apparati radio elettrici.

La $P(\text{altro})$ rappresenta invece la probabilità che altre cause possano aver dato luogo alla realizzazione R che è stata osservata.

Per poter quantizzare la $P(\text{altro})$ è necessario:

a) considerare separatamente le altre cause possibili, ad esempio interferenze, uccelli, aereo e/o loro combinazioni

b) calcolare per ciascuna causa due grandezze:

b.1) La probabilità $P(R/\text{causa } i)$ esprime la probabilità che la causa i -esima possa produrre una realizzazione come quella osservata;

b.2) La probabilità a priori che la i -esima causa si verifichi $P(\text{causa } i)$.

La forma completa della formula di Bayes assume la forma (1.3);

$$P(\text{Rumore}/R) = \frac{P(R/\text{rumore}) P(\text{Rumore})}{P(R)}$$

$$\text{dove } P(R) = P(R/\text{Rumore}) P(\text{Rumore}) + \sum_i P(R/\text{causa}_i) P(\text{causa}_i)$$

Se fossimo in grado di calcolare tutte le grandezze della (1.3) potremmo calcolare con esattezza il valore della probabilità a posteriori che il rumore sia stato la causa della realizzazione.

La formula di Bayes (probabilità a posteriori) può essere scritta anche per le altre cause nella forma (1.4):

$$P(\text{aereo}/R) = \frac{P(R/\text{aereo}) P(\text{aereo})}{P(R)} \quad (1.4)$$

$$P(\text{interferenza}/R) = \frac{P(R/\text{interferenza}) P(\text{interferenza})}{P(R)}$$

etc.

Una volta calcolati tutti i valori espressi dal gruppo di formule 1.4 avrebbe senso applicare un test di ipotesi, ad esempio scegliere come causa quella che ha la massima probabilità a posteriori.

Come si vede la statistica ci dà gli strumenti per poter prendere una decisione motivata, ma ce ne mostra anche i limiti in quanto per dare un senso a ciascuna delle probabilità a posteriori della formula 1.4, è necessario definire tutte le probabilità a priori ovvero sia la probabilità che in quella precisa zona fosse presente un aereo o fosse presente un'interferenza o quanto altro si è riusciti ad identificare come causa mutuamente esclusiva.

Purtroppo i valori di cui sopra non sono assolutamente quantificabili in quanto tecnicamente non desumibili dai fatti avvenuti.

Si ricorda infatti che per probabilità a priori si intende la probabilità che un certo evento si verifichi prima che i fatti avvengano realmente e quindi per definizione la stima non può avvenire dai fatti stessi.

Come ultima considerazione riprendiamo di nuovo in esame la formula (1.2)

In tale formula, se non si considerano possibili le altre cause (significa porre $P(\text{altro})=0$), il risultato è che la probabilità che il rumore sia stato la causa della realizzazione è pari al 100%, indipendentemente dal basso valore assunto della $P(R/\text{rumore})$ stimato in alla 10^{-4} o in 10^{-10}

E concludono affermando che nella appendice 6.2-4 il prof. Picardi ha fatto solo una parte del ragionamento, deducendo “erroneamente che l’unica causa complementare individuata era praticamente certa”. Infatti “paradossalmente se fosse stata scelta come causa complementare un’altra causa ad esempio interferenza, il risultato sarebbe stato identico. Ritengono, poi, evidente “che applicando correttamente il ragionamento e basandosi sulla sola statistica dei falsi allarmi, senza considerare matematicamente le altre cause, la probabilità che il (-12) e (-17) siano falsi allarmi equivale alla certezza (100%)”.

Ed infine “annullare la probabilità a priori delle altre possibili cause è comunque un’ipotesi erronea ed arbitraria e di conseguenza si può concludere che l’apporto informativo della sola statistica dei falsi allarmi senza una valutazione attendibile di tutte le probabilità a priori delle altre possibili cause non è rilevante per il processo decisionale atto ad evidenziare la causa del fenomeno considerato”.

Nella seconda parte, come detto, i consulenti trattano dell’analisi delle traiettorie dei rottami, premettendo un paragrafo dedicato alle ipotesi di base:

L’analisi delle traiettorie dei rottami è basata sui seguenti dati:

A1 una mappa dei ritrovamenti sul fondale marino dalla quale risultano sia le aree sia la tipologia dei pezzi ivi ritrovati.

A2 la posizione geografica assoluta dalla posizione dell’aereo al tempo dell’ultima risposta dal secondario Marconi stimata in [2]

A3 la direzione di volo al momento dell’incidente stimata in [2]

A4 la velocità a terra dell’aeromobile ricavabile dai dati radar prima dell’incidente è pari a circa 240m/s

A5 l’intensità e la direzione del vento sia in quota che al livello del mare [1]

Si fanno inoltre le seguenti ipotesi di base:

A6 Dopo l'incidente l'aeromobile si separa in più parti che arrivano in acqua facendo traiettorie diverse:

- A6.1) Il relitto principale (ritrovato in zona A)
- A6.2) La coda (ritrovata in zona C)
- A6.3) I motori (ritrovati in zona B)
- A6.4) I pannelli laterali di destra (ritrovati in zona E)
- A6.5) I pannelli laterali di sinistra (ritrovati in zona F)
- A6.6) La scaletta (ritrovata in zona F)

Indi descrivono la caratteristiche del simulatore:

“B1 Modello del punto materiale con resistenza aerodinamica (Cd) non dipendente dalla velocità

B2 Densità dell'aria standard ICAO (vedi tabella 1)

B3 Modello di vento di intensità linearmente variabile fra 17 e 100 nodi e di direzione variabile fra 260° e 330° con legge leggermente saturata (vedi figura 1 e formula ivi riportata)

Il modello del vento è stato elaborato in maniera tale da armonizzare i risultati della simulazione con la realtà dei ritrovamenti.

B4 Integrazione delle equazioni del moto con metodo Runge Kutta dell'ordine 4 e passo fisso di 0.1sec.

B5 Le condizioni iniziali della simulazione sono state così poste:

B5.1 velocità iniziale di tutti i frammenti (escluso relitto principale e motori) pari 240m/sec. in direzione della rotta prima dell'incidente e con componente verticale nulla.

B5.2 Spostamento iniziale rispetto all'ultimo rilevamento SSR pari a 768m (distanza percorsa a 240m/sec in 3.2sec)

Tabella 1 Densità dell'aria e velocità del suono
STD Icao in funzione della quota

Quota (m)	Densità (Kg/m ³)	V Suono m/s
0	0.1250	340.5
200	0.1210	339.5
500	0.1191	338.5
1000	0.1134	336.5
1500	0.1079	334.7
2000	0.1027	332.7
3000	0.0927	328.8
4000	0.0835	324.7
5000	0.0751	320.7

6000	0.0673	316.6
8000	0.0535	308.2
10000	0.0421	299.6
12000	0.0371	295.2
18000	0.0371	295.2

Questa ipotesi fissa il tempo dell'incidente dopo l'ultimo rilevamento SSR.

Per i vari frammenti ipotizzati si è proceduto a simulare la traiettoria di caduta varando il coefficiente:

$$K = \frac{Cd S}{M}$$

che caratterizza il comportamento dei frammenti stesso con:

Cd = coefficiente di resistenza aerodinamica (adimensionale)

S = Superficie di riferimento [m²]

M = massa [kg].

Successivamente procedono alla valutazione dei risultati ottenuti:

“Nella figura 2 sono riportate nell'ordine da destra verso sinistra le traiettorie che terminano rispettivamente nelle zone E, F e C, aree dove sono stati ritrovati rispettivamente i frammenti A6.4, A6.6 e A6.2.

Sempre nella figura 2 è disegnata a tratteggio la curva di involuppo dei punti di caduta.

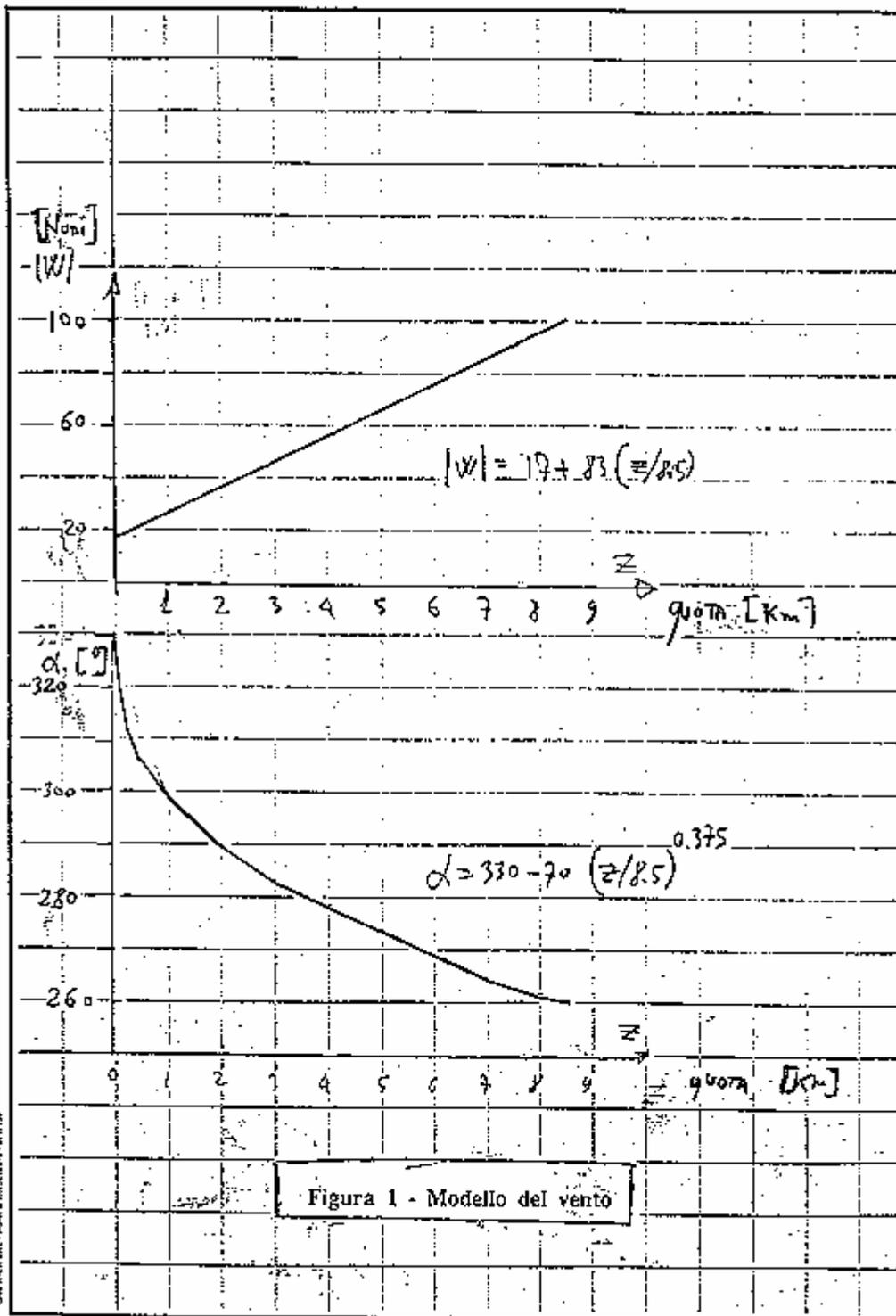


Figura 1 - Modello del vento

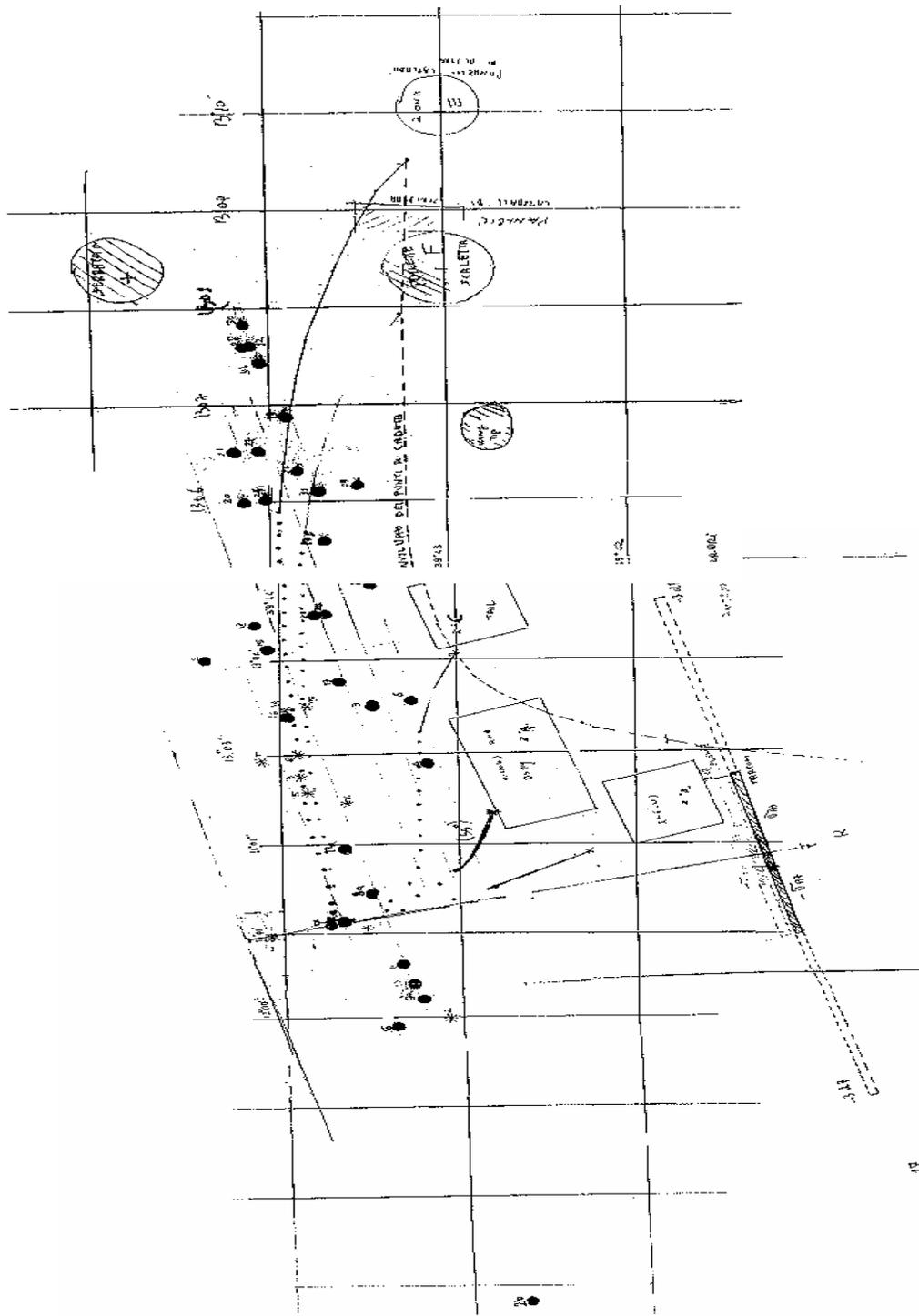


Figura 2 - Scenario

Sia il modello del vento (punto B3) sia le condizioni iniziali delle traiettorie (punti B5.1 e B5.2) sono stati scelti in modo da aver il miglior accordo fra l'involuppo dei punti di caduta e le zone di ritrovamento C, F ed E.

Sempre dalla figura 2 si può osservare come l'involuppo dei punti di caduta sopra le zone A e B diverga rapidamente. Questo fatto dipende molto poco dalle assunzioni fatte sul vento in quanto i punti materiali che all'estrema sinistra dipendono in misura molto più sensibile dalle condizioni iniziali.

Per poter portare a terra gli oggetti in punti antecedenti alle zone A e B è necessario ipotizzare un'inclinazione verso il basso della velocità iniziale. L'ipotesi è compatibile col fatto che in conseguenza alla perdita della coda l'aeromobile abbia subito una rapida picchiata insieme ai motori che subito dopo si sono distaccati.

Le due traiettorie simulate relative al relitto principale ed ai motori partono infatti con un'inclinazione verso il basso della velocità iniziale pari a 55° fermo restando il modulo di 240m/sec.

I valori di K relativi alle cinque traiettorie riportate in figura 2 sono riportati nella tabella insieme a valutazioni a priori fatte sui rottami che verosimilmente hanno percorso tali traiettorie. Nella tabella 2 i valori di K sono stati stimati con il seguente criterio:

C1 il valore minimo di K corrisponde al valore minimo del Cd ed alla superficie minima;

C2 il valore del Cd è stato assunto fra 1 e 4 per pezzi non aventi una forma aerodinamica come la scaletta, i pannelli e la coda separata dall'aereo;

C3 il valore minimo di Cd è stato assunto pari a 0.4 per corpi di forma aerodinamica come il relitto principale ed i motori.

$$K = \frac{C_D S}{M}$$

	ZONA	[Kg]	[m ²]	C _D	K		
		MASSA [M]	AREA [S] min. max		min	max	
PANNELLI	E	15	1 ÷ 15	1 ÷ 4	0.06	0.6	4
SCALETTA	F	8	0.2 ÷ 2.4	1 ÷ 4	0.025	0.39	1.2
CODA	C	300	10 ÷ 30	1 ÷ 4	0.03	0.06	0.4
RELITTO PRINCIPALE	A	2700	20 ÷ 200	0.4 ÷ 4	0.003	0.013	0.12
MOTORI	B	150	1.6 ÷ 8	0.4 ÷ 4	0.004	0.004	0.04
					SIMULATO		

TABELLA 2

Come si può osservare dalla tabella i valori di K usati nella simulazione sono contenuti negli intervalli K minimo, K massimo stimati per i rispettivi rottami e in generale si avvicinano ai valori minimi in quanto i corpi in caduta libera tendono a stabilizzarsi (a meno che non abbiano forme particolari) nella posizione di minima resistenza aerodinamica.

Una siffatta analisi non deve necessariamente tenere in considerazione i rilevamenti radar:

“In figura 2 sono stati riportati i plots radar del Marconi 3 e del Selenia 2-4.

Il posizionamento assoluto dei plots del Marconi 3 è ottenuto piazzando l’ultima risposta SSR nella posizione geografica (39°44’01”N, 13°00’56”E) stimato in [2] e posizionando poi i successivi plot primari 1-31 rispetto alla posizione della ultima risposta SSR.

L’andamento del range in funzione del tempo delle curve simulate è riportato sulla figura 3 insieme ai rilevamenti radar Marconi (figura tratta [2]).

radar marconi estrattore 3
traccia A1136

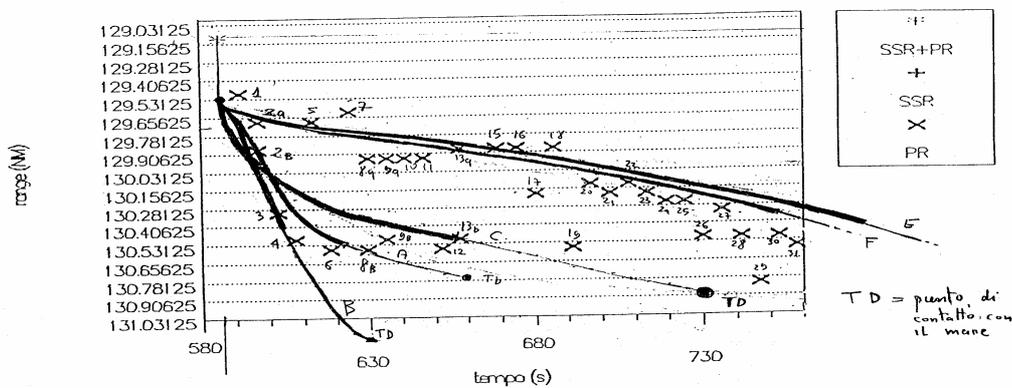


FIGURA 3 - Andamento range-tempo delle traiettorie simulate

Le curve sono tracciate in grassetto fino alla quota limite di visibilità radar (stimata intorno a 4000m). Per alcune curve (motori, corpo, coda) è mostrato anche il punto di contatto con la superficie del mare.

Dalla figura si osserva un buon accordo fra le due traiettorie superiori (scaletta e pannelli di destra) con i rilevamenti radar 2a, 5, 7 ...31.

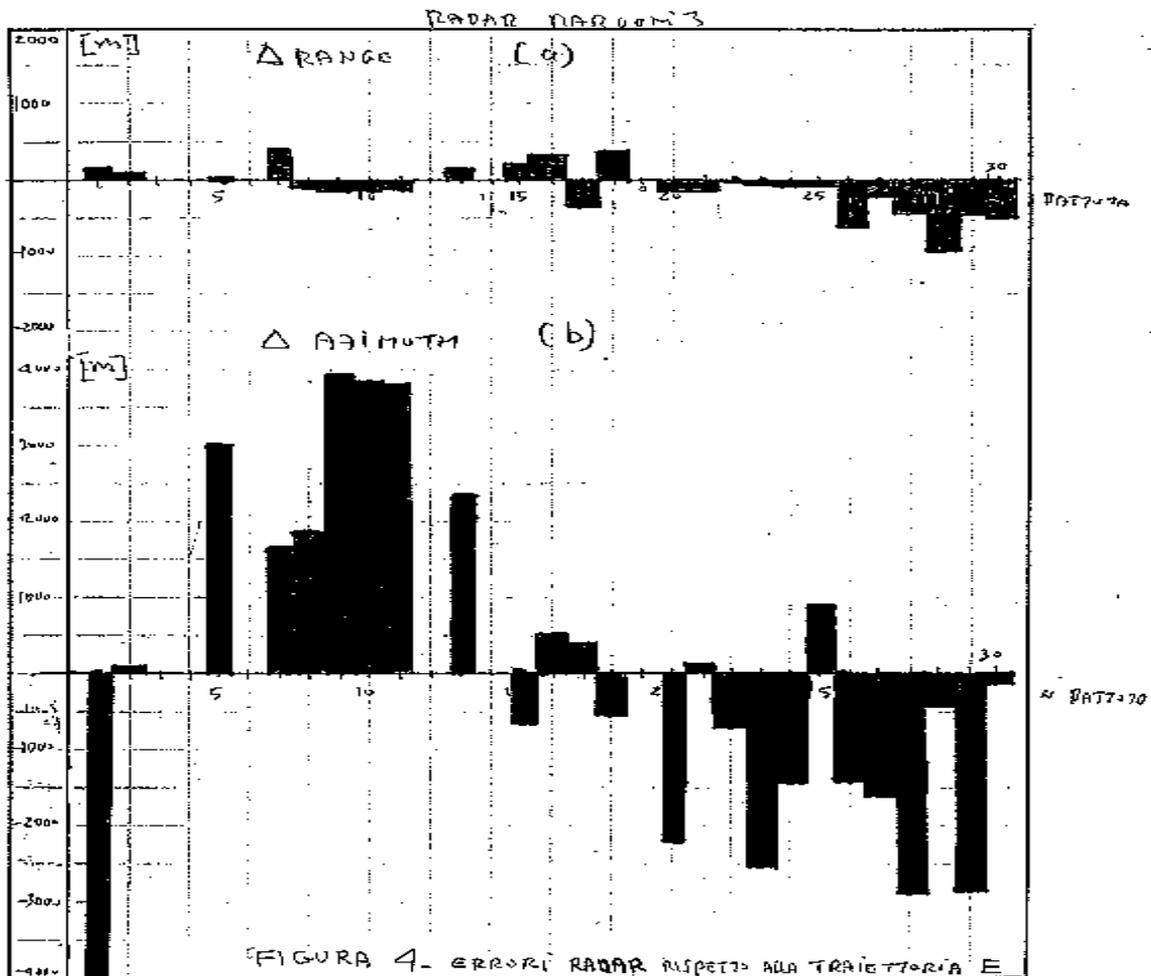
Un accordo altrettanto buono esiste fra le tante tre curve ed i rilevamenti 2b, 3, 4...19.

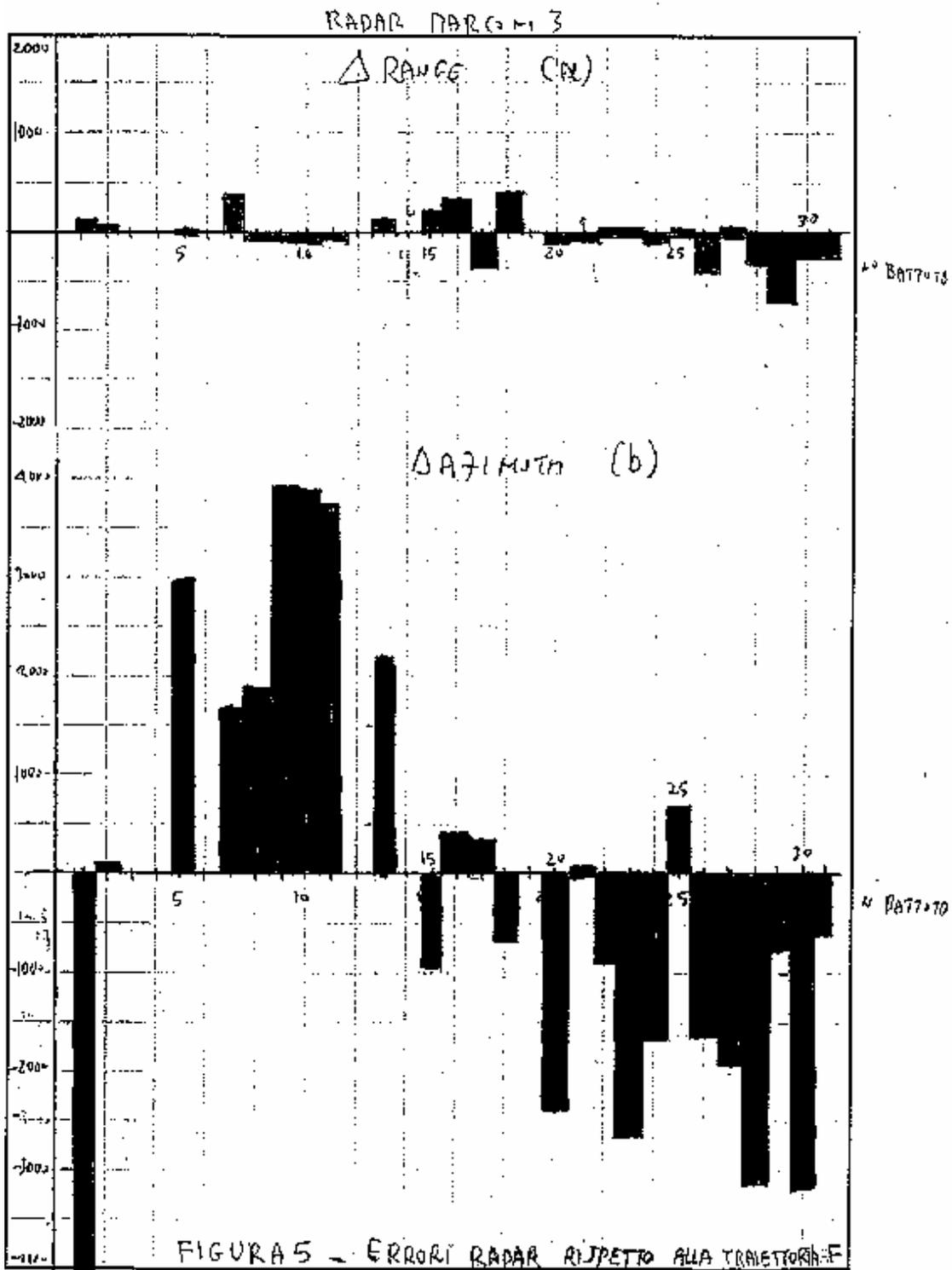
Le figure 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 8a e 8b rappresentano gli errori rispettivamente in range ed azimuth dei rilevamenti radar Marconi 3 rispetto alle traiettorie simulate.

Dalla figura 4a si osserva una distribuzione equilibrata degli errori di range rispetto alla traiettoria ipotizzata per i frammenti cadenti in zona E (fra cui i pannelli di sinistra).

Gli errori di azimuth hanno un andamento che passa gradualmente da un picco positivo (verso ovest) ad un picco negativo (verso est) e tale comportamento riflette gli effetti della perdita di quota e quindi di livello del segnale ricevuto a sua volta influente sul comportamento dell'integratore del radar Marconi che tende a spostare verso ovest i segnali forti rispetto a quelli deboli.

Gli errori riportati nella figura 5, sia in range che in azimuth, sono molto simili a quelli riportati nella figura 4.





In effetti la traiettoria che ha portato i frammenti (tra cui la scaletta) nella zona F deve essere stata molto vicina a quella dei frammenti caduti nella zona E durante il tempo in cui sono stati in visibilità. Considerando le curve simulate la distanza in aria fra gli oggetti è sempre contenuta all'interno dei 250 metri per le 31 battute e quindi gli oggetti sono stati visti

dal radar in modo indifferenziato (come un solo corpo) aumentando comunque l'entità degli errori per il noto fenomeno della scintillazione che è sicuramente presente quando il bersaglio è costituito da più oggetti che si accoppiano elettromagneticamente dando luogo a fenomeni costruttivi che evidenziano ora un riflettore ora l'altro.

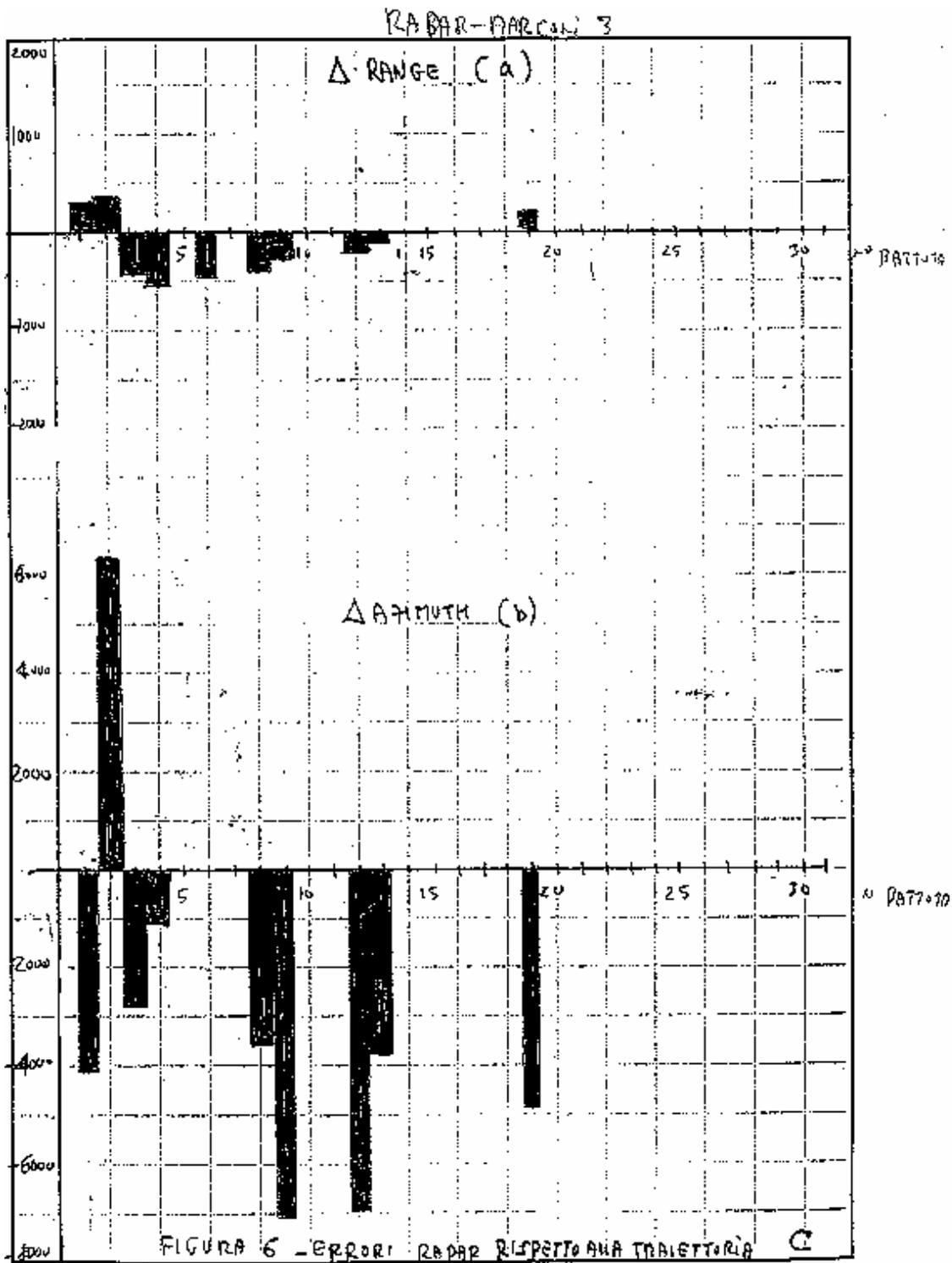
Un'ulteriore considerazione sugli errori radar evidenziata in figura 4b e 5b è l'errore azimutale del punto 1 che è di tendenza opposta a quelli vicini (da 5 in poi).

Una possibile spiegazione sta nel fatto che il baricentro azimutale di un bersaglio dipende dalla sezione radar e quindi dato che il plot 1 segue immediatamente l'incidente si può ipotizzare che in quella fase i grandi cambiamenti di assetto e smembramento non fossero ancora avvenuti di conseguenza la sezione radar fosse inferiore a quella globalmente assunta dai rottami dopo lo smembramento, in accordo, come già detto, al comportamento dell'integratore che tende a spostare verso Est i segnali deboli.

C'è comunque da sottolineare, a riprova della validità di questa ipotesi che il passaggio dell'andamento dell'errore da Est ad Ovest è graduale, vedi infatti il plot 2a che ha un valore vicino a 0 ed i plots successivi (5, 7, 8a, 9a) dove l'errore è già spostato ad Ovest e mediamente va crescendo fino a raggiungere il massimo nel plot 9a.

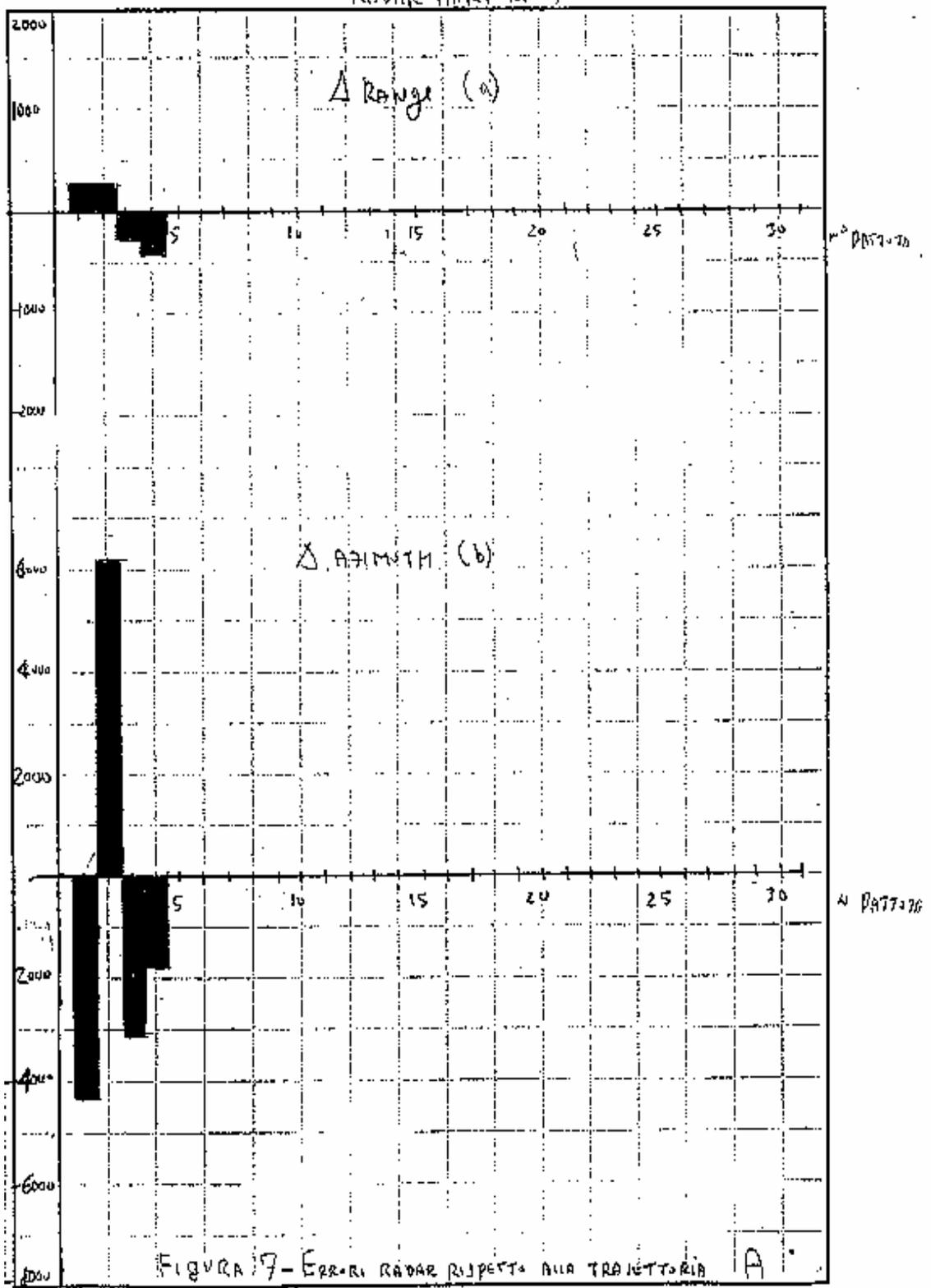
Inoltre sulle dieci battute precedenti nove volte il punto è visto ad est rispetto all'ultima risposta SSR ed una sola volta sotto lo stesso angolo.

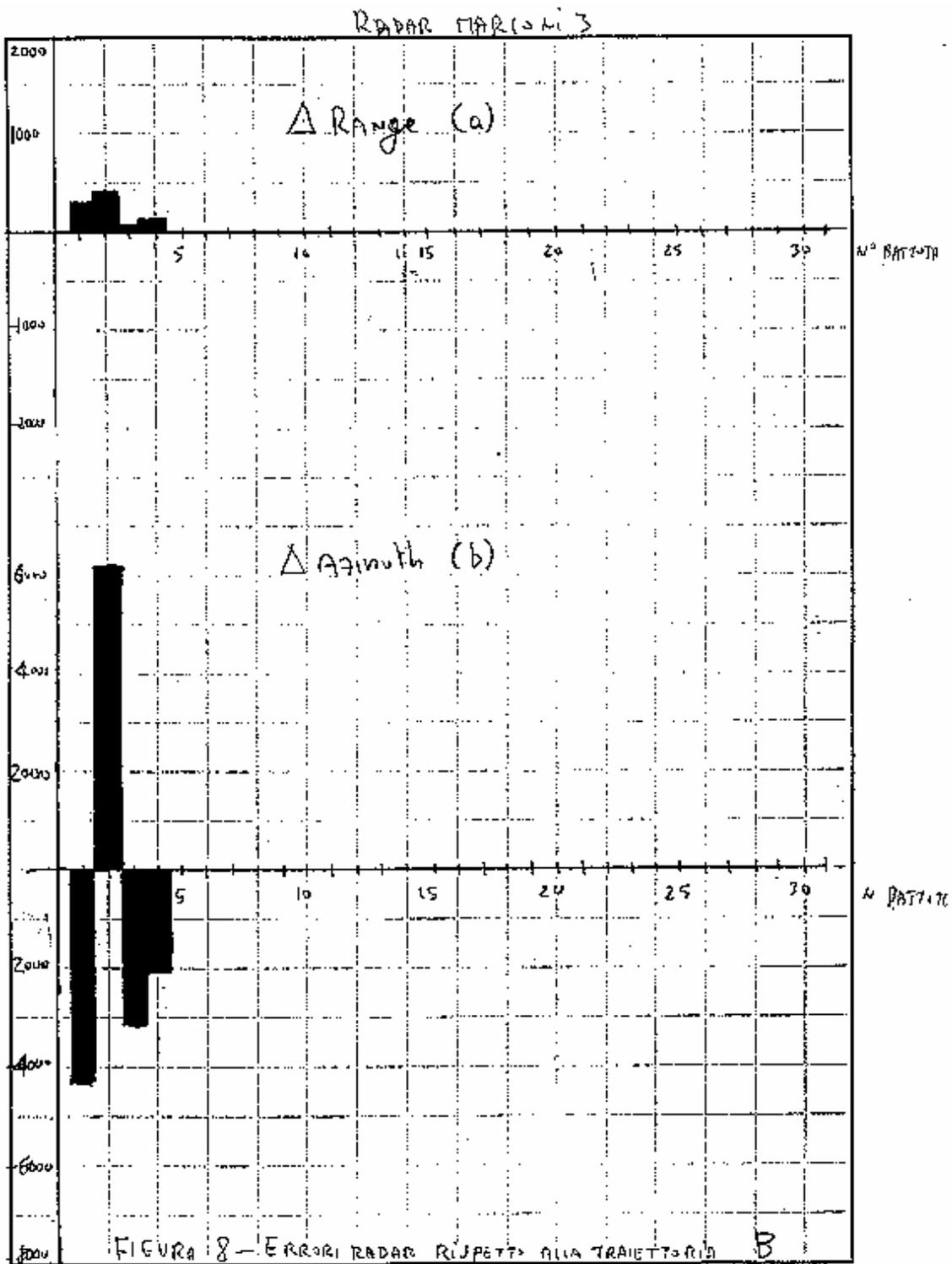
Passando ad esaminare la figura 6a relativa alla coda si osserva un buono accordo in range rispetto ai punti 6, 8b, 9b, 12, 13 e 19. Per questi punti l'errore è contenuto entro i 500 metri. Per quanto riguarda l'azimuth (figura 6b) non si trova l'andamento regolare ovest ÷ est rilevato negli errori delle figure 4b e 5b e comunque l'entità degli errori è mediamente più che doppia. Questo fenomeno è facilmente spiegabile con il meccanismo di blanking del radar Marconi che pregiudica grossolanamente la misura dell'azimuth quando ci sono bersagli più vicini al radar come in questo caso.



Le figure 7 e 8 relative al relitto principale ed ai motori accordano bene in range con i plots 1, 2b, 3 e 4 mentre per l'azimuth valgono le stesse considerazioni fatte per la figura 6b.

RADAR MAR-1-13





Oltre il plot 4 entrambi gli oggetti non dovrebbero essere in visibilità radar. A questo punto una ragionevole attribuzione dei plot della curva più

lontana potrebbe essere che i plot 1, 2b, 3 e 4 sono stati generati dal relitto principale che poi scompare dalla visibilità radar mentre i successivi plot sono stati generati dalla coda che permane in aria molto più del relitto principale.

L'ipotesi che siano stati i motori a generare i plot 1, 2b, 3 e 4 è compatibile con gli errori, ma è molto probabile che nel periodo in cui essi sono rimasti visibili si siano in realtà confusi con il relitto principale. Secondo la simulazione entro le prime tre battute la distanza fra i motori e relitto principale si mantiene al di sotto dei 200 metri e si porta a 500 m alla quarta battuta. Sempre entro le prime 4 battute anche la distanza fra relitto principale e coda si mantiene al di sotto dei 350 metri per cui è irrisolvibile dal radar fino alla scomparsa del relitto principale dall'orizzonte radar.

E' opportuno fare ulteriori considerazioni sulla base dei dati rilevati dal radar Selenia (estrattori 2 e 4). A tale scopo sulla figura 2 sono stati riportati col simbolo (\square) per distinguerli dai plots del Marconi 3 riportati con il simbolo (λ).

La logica del posizionamento è stata la seguente:

- a) Ove disponibili le uscite di entrambi gli estrattori i dati sono stati mediati.
- b) Il posizionamento assoluto è stato fatto minimizzando l'errore quadratico medio dei plots ottenuti con la procedura a) rispetto ai punti delle traiettorie simulate di riferimento che con maggiore probabilità li hanno generati.
- c) Le traiettorie di riferimento sono state ottenute mediando le traiettorie rispettivamente E con F e C con A.

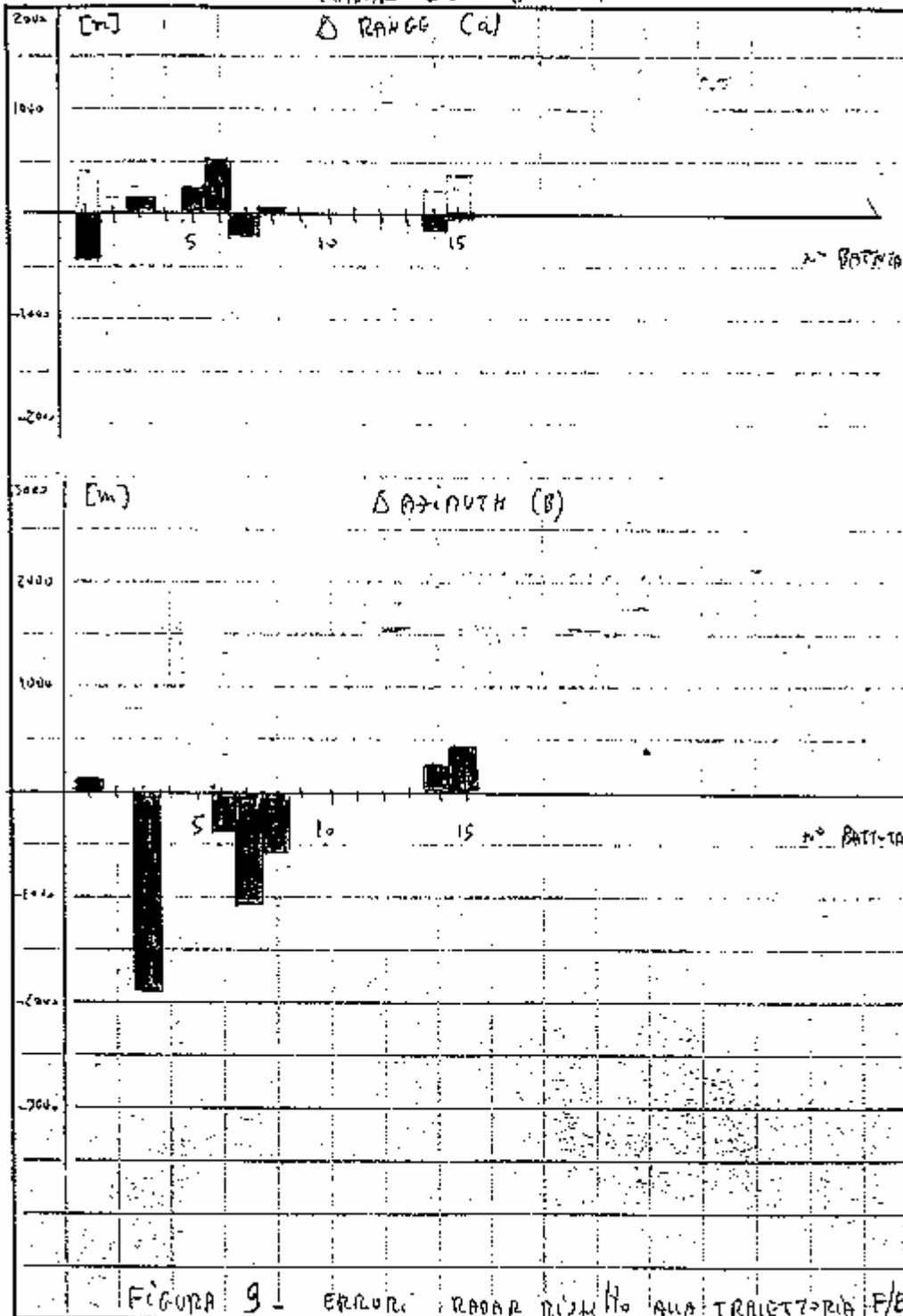
Le figure 9a, 9b, 10a e 10b riportano l'andamento degli errori in range ed azimuth dei plot associati rispettivamente alla traiettoria di riferimento E/F (media di E con F) ed alla traiettoria di riferimento C/A (media di C con A).

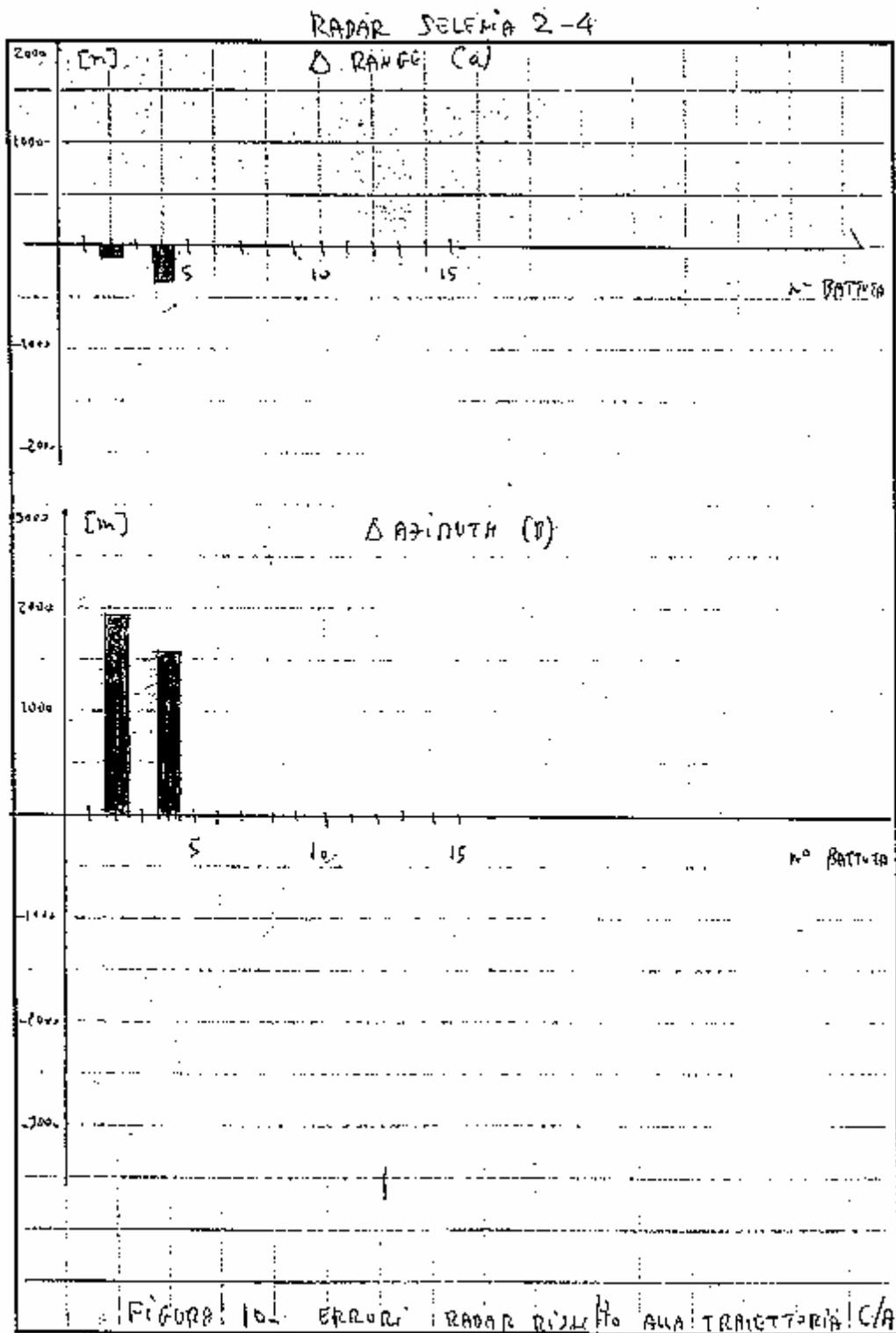
Gli errori R.M.S. rispetto alle curve di riferimento risultano essere di circa 92m in range e 337m in azimuth (corrispondenti a 0.09°), numeri che sono in accordo con le prestazioni teoriche dal radar Selenia."

Ritengono quindi, sulla base di quanto calcolato e dedotto di aver dato una "spiegazione chiara ed armonica del problema", che così si riassume:

- "- l'aereo si è separato in volo in più parti dopo un evento catastrofico.
- le parti sono precipitate in mare seguendo traiettorie diverse che le hanno portate in vicinanza delle posizioni in cui sono state recuperate.
- tutti i plots dei radar, nessuno escluso, correlano, con le traiettorie delle parti stesse che li hanno generati".

RADAR SELENIA 2-4





Gli stessi consulenti dicono possibile la discussione del modello utilizzato che comunque ritengono valido, senza dimenticare che:

“- il modello del vento è plausibile;

- i punti di caduta sono sicuramente attendibili;

- le traiettorie calcolate col metodo del punto materiale sono:

a) molto vicine alle traiettorie reali quando i corpi sono stabili (vedi razzi e proiettili d'artiglieria per i quali il calcolo della traiettoria in fase passiva si fa comunemente con tale metodo più alcune correzioni allo scopo di risparmiare tempo di calcolo);

b) non molto diverse dalle traiettorie reali quando si tratta i corpi non fatti per volare (esempio tipico sono i proiettili non stabilizzati in rotazione che pur rotolando non si discostano molto dalle traiettorie degli analoghi proiettili stabilizzati);

c) abbastanza diverse quando i corpi sono fatti per volare in quanto si evidenziano fenomeni di instabilità tipo di caduta in vite;

d) diverse in modo non stimabile quando i corpi sono fatti per volare e sono anche controllati.

Nel caso in questione è abbastanza evidente che l'ultimo caso d) può essere escluso in quanto l'aereo aveva perso la coda e quindi le superfici di controllo determinanti.

Il caso c) si può applicare al corpo principale che infatti poco accorda con il modello del punto materiale e per il quale si è proceduto ad una ipotesi correttiva dalle condizioni iniziali.

Il caso b) si può applicare a tutti gli altri frammenti che non rispettano sicuramente, presi ciascuno per suo conto, il requisito di essere fatti per volare.

Nella sostanza queste argomentazioni saranno fatte proprie dalla perizia Misiti. In quella sede ed in occasione di documenti sulla stessa problematica, saranno commentate.

* * * * *