

- una seconda e definitiva interruzione dopo circa 10ms.

I tempi suddetti sono compatibili con il funzionamento del *cross tie relay*, dopo l'interruzione di funzionamento del generatore alimentante il CRV (motore di destra) e con il conseguente tentativo del sistema di alimentare tramite il motore di sinistra.

D'altra parte, la centrale elettrica è stata recuperata. Essa è gravemente danneggiata e priva di alcune parti. Sono state condotte indagini molto accurate, anche commissionate a Enti specializzati italiani e stranieri, al fine di accertare se alcuni danni riscontrati su componenti della centrale potessero essere indicativi di eventi di natura elettrica o di esposizione a fonti di calore. Particolarmente importante appariva l'esame del *cross tie relay*, per la funzione di distribuzione del carico elettrico in caso di cessazione di funzionamento di una delle due sorgenti (motori di destra e di sinistra).

Nessuno dei danni può essere fatto risalire a surriscaldamento derivante da guasti del sistema elettrico (corto circuito o simili) o da esposizione a fonti di calore. Fa però eccezione un'etichetta rossa, verosimilmente appartenente a uno dei sette relays alloggiati nella parte inferiore della centrale stessa<sup>33</sup>.

Le indagini chimiche espletate dal Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa hanno infatti concluso che gli annerimenti rinvenuti sull'etichetta sono prodotti da degradazione termica della vernice per riscaldamento a temperature superiori a 150 °.

Di tale circostanza non è stato possibile trovare alcuna ragionevole spiegazione. Le modalità di interruzione dell'energia elettrica, infatti, sono tali da escludere che dopo l'inizio dell'evento distruttivo possano essersi generate temperature del genere nella centrale. La centrale elettrica si trova in luogo molto distante da quello ove sarebbe situabile l'esplosione interna, secondo il Collegio peritale. Questo ha dovuto concludere genericamente che gli annerimenti "debbono ritenersi preesistenti all'incidente o derivanti da altra causa [diversa dal corto circuito]".

Il reperto, comunque, non reca altri segni di esposizione diretta a fonti di calore o ad esplosione (qualora si accedesse all'ipotesi di un'esplosione nella parte anteriore della fusoliera).

---

<sup>33</sup> Si riproducono qui le fotografie dei reperti, tratte dalla Perizia SANTINI, fig. IV 43 a) e b).

Si tratta certamente di una risposta non appagante. Va però sottolineato che il fatto che il danno suddetto sia stato riscontrato esclusivamente sull'etichetta e non anche sugli oggetti a essa vicini portano a escludere ragionevolmente che essa sia stata esposta direttamente a un'esplosione, interna o esterna<sup>34</sup>.

Tornando al punto direttamente oggetto di interesse, deve certamente escludersi che l'interruzione di alimentazione possa essere stata causata da danni nella centrale elettrica.

Ciò è in armonia con le modalità di cessazione di funzionamento del CVR. Questo, peraltro, è alimentato dalla barra destra, la quale è a sua volta collegata con il motore destro.

Infine, l'interruzione di alimentazione di energia causata da un danno alle linee di alimentazione non avrebbe comportato l'azionamento del *crossie relay*.

Appare dunque pienamente convincente quanto affermato dal Collegio peritale circa gli elementi desumibili dall'esame congiunto del CVR e del sistema elettrico:

Il primo danno deve essere stato tale da generare una situazione di "barra morta" della barra di destra, così da determinare l'immediato intervento del *crossie relay*.

Perché la ricostruzione del Collegio SANTINI possa essere accettata, l'intervento del *crossie relay* deve essere avvenuto nello spazio di centesimi di secondo.

Ciò, per la verità, non è ritenuto possibile dal tecnico britannico PROTHEROE, del quale si parlerà a lungo, giacché egli sostiene che non è esatta l'affermazione contenuta nella relazione di IBBA e PAOLONI (e ripresa dal lavoro del Collegio SANTINI) che il *crossie relay* connetta immediatamente il *bus AC* di alimentazione collegato con il motore destro con l'altro generatore (motore sinistro).

Secondo PROTHEROE il sistema ha "un ritardo che arriva fino a 7 secondi, durante il quale il sistema controlla eventuali errori del bus, prima che il connettore di collegamento si chiuda. Questo avviene per evitare che un *bus* con difetto di terra, o con altri gravi difetti, venga collegato a un generatore efficiente"<sup>35</sup>.

<sup>34</sup> A questa conclusione giungono sia gli esperti del RARDE che C. PROTHEROE (cfr. rapporto in data 15 aprile 1992, pag. 4).

<sup>35</sup> Relazione PROTHEROE del 2 maggio 1992.

Egli, comunque, ipotizza che i picchi rilevati sul CVR possano esser derivati da effetti connessi con l'interruzione dell'alimentazione e che pertanto la diversità di vedute non incide sulla prospettabilità della perdita progressiva dei motori destro e sinistro come radice dell'evento.

*Su questo aspetto non è stata fatta definitiva chiarezza. Esso invece è di fondamentale importanza, perché vi si collega l'intera ricostruzione delle modalità di collasso del velivolo, sui cui si basa la perizia SANTINI.*

#### I. 9. L'IMPIANTO D'EMERGENZA PER L'OSSIGENO

Il sistema, automatico, rende disponibili le maschere non appena si verifica una depressurizzazione della cabina, individuata attraverso un sensore posto sulla bombola di erogazione dell'ossigeno.

E' pacifico che tale sistema non entrò in funzione. Sono, infatti, state recuperate molte delle scatole che contengono i bocchettoni per i passeggeri e i relativi scomparti sono risultati in qualche caso chiusi e in altri con i denti di fissaggio del coperchio rotti.

La bombola dell'ossigeno è priva di del gruppo valvola - regolatore. Se, dunque, la causa del mancato funzionamento del sistema fosse da ascrivere alla rottura di tale gruppo, dovrebbe concludersi che l'evento iniziale del disastro si verificò nella zona ove la bombola era situata (cabina di pilotaggio, alle spalle del copilota). D'altra parte, la rottura del gruppo valvola - regolatore non potrebbe essere ricondotto a un successivo momento (ad esempio, impatto della struttura con il mare), perché i tempi di reazione del sistema avrebbero dovuto determinare la fuoriuscita delle maschere, non appena iniziata la depressurizzazione.

Dall'esame frattografico della bombola risulta che la rottura dell'attacco del riduttore di pressione è tale "da far supporre una rottura di tipo dinamico" (BLASI, pag. 135)

La circostanza della mancata apertura degli scomparti delle maschere d'ossigeno per i passeggeri potrebbe essere fortemente contrastante con l'ipotesi dell'esplosione di un ordigno in zona diversa da quella anteriore, dove si trovano i sensori e la bombola.

E' però possibile che il medesimo effetto sia stato determinato dalla perdita di pressione interna del sistema di ossigenazione, causato da una rottura dei condotti di alimentazione in un qualsiasi punto del tracciato e quindi anche nella zona posteriore della fusoliera.

In questo caso, però, la rottura dei condotti principali di alimentazione dell'impianto deve essersi verificata contestualmente o immediatamente dopo l'evento che ha determinato la depressurizzazione; nell'ipotesi di collasso della struttura formulata dal Collegio SANTINI, il danno dovrebbe essersi verificato nella parte terminale dell'impianto, in corrispondenza dell'ultima fila di sedili. Ciò implica ancora che l'esplosione deve avere causato un grave danno nella parte superiore della fusoliera, nei primissimi istanti e quindi prima che il sensore determinasse la fuoriuscita delle maschere.

La BLASI non aveva raggiunto conclusioni diverse, sottolineando però che il danno al velivolo deve essere stato arrecato o nella parte anteriore destra (ove è allocata la bombola, nell'ipotesi che la frattura del gruppo riduttore sia stata la causa della perdita di pressione interna) della fusoliera "o in corrispondenza comunque di una zona esterna superiore della fusoliera (ove è alloggiato il collettore principale di alimentazione dell'impianto di ossigeno).

Dunque, pure in presenza di un danno che apparentemente dovrebbe portare a individuare nella zona anteriore dell'aereo l'evento da cui ebbe origine la distruzione dell'aereo, deve concludersi per l'esistenza di una spiegazione alternativa. Esso, quindi, non può essere considerato significativo ai fini della determinazione delle cause del sinistro, se non nei limiti di indicare un evento repentino che abbia immediatamente interessato la parte superiore della fusoliera, in un tratto ove passino i condotti di alimentazione dell'impianto.

#### I.10. IPOTESI SULLA DINAMICA DEL COLLASSO DEL VELIVOLO

Sulla base di tutto quanto sin qui esposto, il Collegio SANTINI, ha così sintetizzato le conclusioni sulle modalità e i tempi del collasso del DC9 e del suo impatto con il mare:

*"Possibile successione e concatenazione degli eventi*

*Da quanto esposto nella precedente Parte IV della Perizia e sinteticamente riportato nella tavola riassuntiva, può farsi discendere la seguente serie di eventi che possono essersi verificati a bordo del velivolo al momento dell'incidente con*

la relativa possibile concatenazione, alcuni dei quali già in parte anticipati nella Parte IV stessa.

- Fino al momento dell'incidente o, più precisamente, fino all'istante dell'ultima risposta del radar secondario, il volo si è svolto regolarmente, secondo quanto emerge dall'analisi dei dati del Flight Data Recorder. Non si rilevano eventi specifici, quali presenza di turbolenza, forti variazioni di fattore di carico od altro, che, in qualche modo, possano correlarsi con l'incidente.

- Nell'intervallo di tempo di circa 5-6 sec intercorrente fra l'ultima risposta del radar secondario e la prima risposta del solo radar primario, si è verificato l'evento o la serie di eventi che hanno causato l'incidente. L'incidente si è pertanto verificato nell'intervallo di tempo compreso fra le ore 20.59'.45" e le ore 20.59'.51" locali.

- A seguito dell'evento che ha causato l'incidente, si è avuto il distacco e la frammentazione in volo della parte posteriore della fusoliera in massima parte sovrastante il pavimento, compresa approssimativamente fra le stazioni 642 e 877, il distacco di entrambi i motori, del tronco di coda e dell'estremità della semiala sinistra.

Il cedimento ed il distacco di questi elementi è avvenuto nell'arco di 4-5 sec.

- Nell'arco di questo tempo, uno dei primi eventi è stato il cedimento del vincolo anteriore con la fusoliera del motore destro che ha determinato il distacco del motore stesso con parte della fiancata destra del velivolo ad esso adiacente. Tenendo conto che il CVR, in condizioni normali di volo, è alimentato dalla barra destra e, quindi, dal generatore posto sul motore destro, questa ipotesi di distacco è congruente con la prima interruzione di corrente registrata dal CVR stesso, determinata dal distacco del motore destro.

Il distacco del motore e, di conseguenza, il tranciamento dei cavi di potenza del bus di destra, potrebbe aver determinato una situazione a "barra morta" che ha causato l'immediato intervento del crosstie relay il quale, nell'arco di qualche centinaio di millisecondi, ha collegato sulla barra di sinistra le utenze normalmente alimentate dalla barra destra. Questa ipotesi è quindi in accordo con il riattacco di corrente registrato dal CVR dopo la prima interruzione.

Il distacco del motore destro con parte della fiancata, potrebbe aver depressurizzato il vano toilet con quasi contemporanea distruzione ed espulsione all'esterno degli arredi e con sfondamento verso l'esterno del velivolo della porta di accesso della toilet, per effetto della maggior pressione esistente all'interno del velivolo, con deformazione del battente della porta stessa verso l'esterno del velivolo (verso l'interno del vano toilet)<sup>36</sup>.

<sup>36</sup> La relazione avverte che "questo importante argomento sarà ulteriormente approfondito nel corso delle indagini di secondo livello, riportate nella successiva Parte IX di questa Perizia. Comunque, questo non è consistente con altre conclusioni che saranno illustrate in seguito".

- *Praticamente nello stesso istante o, più precisamente, dopo il predetto intervallo dell'ordine del centinaio di millisecondi che ha reso possibile l'intervento del crosstie relay ed il momentaneo ripristino dell'energia, si è avuta la definitiva interruzione di energia elettrica ragionevolmente dovuta al danneggiamento del bus di sinistra, a sua volta causato dall'inizio del distacco del motore sinistro, sempre per cedimento del vincolo anteriore con la fusoliera.*
- *Sempre nello stesso istante si è avuto il cedimento dell'ordinata di forza 642 in corrispondenza della quale vi è il collegamento del tronco posteriore con il tronco centrale della fusoliera e l'immediato distacco, a partire da essa, della fiancata sinistra contenente i 4 finestrini che, deflessa verso la parte posteriore del velivolo dalle azioni fluidodinamiche generate dal flusso d'aria, ha urtato il motore di sinistra che, al momento, non si era ancora completamente distaccato, improntando di rosso la presa d'aria.*
- *Pertanto, il distacco del motore destro con parte della fiancata adiacente, il cedimento dell'ordinata di forza della fusoliera, il distacco della fiancata sinistra ed il distacco del motore sinistro, debbono plausibilmente ritenersi come eventi verificatisi in rapida successione di tempo, non superiore ai 4 secondi. Questa ipotesi è in accordo con le caratteristiche di ritrovamento dei due motori nella stessa zona, a distanza di circa 1000 m l'uno dall'altro (misurati secondo la direzione del moto iniziale), e della fiancata sinistra, a sua volta rinvenuta in prossimità della fascia nord dei ritrovamenti. Il cedimento dell'ordinata di forza 642 potrebbe aver causato, in rapida successione compresa nel predetto intervallo di tempo, il distacco, in corrispondenza ad essa, della parte posteriore della fusoliera sovrastante il pavimento e la sua distruzione, principalmente per effetto di "pelatura" in direzione contraria al moto del velivolo, determinata dal flusso di aria. Tale distruzione ha determinato la dispersione dei frammenti nelle zone di ritrovamento F ed E.*
- *Questa ipotesi di rottura è in accordo con la mancata attivazione del sistema di erogazione dell'ossigeno che, a seguito della depressurizzazione della fusoliera, doveva necessariamente determinare l'apertura dei portelli dei contenitori delle maschere. Infatti, lo scollegamento della parte posteriore dal tronco centrale della fusoliera in corrispondenza dell'ordinata 642, ha certamente causato il tranciamento delle condotte dell'ossigeno che passano sul lato destro e sinistro del cielo della cabina passeggeri. Questo evento potrebbe aver impedito la pressurizzazione dell'impianto e, quindi, l'apertura dei portelli dei contenitori delle maschere anche se le valvole poste sulla bombola dell'ossigeno possono aver correttamente funzionato, attivando l'erogazione dell'ossigeno stesso.*
- *Contemporaneamente a questi eventi, si è avuto il distacco del tronco di coda sul quale sono visibili alcuni forti danneggiamenti, plausibilmente attribuibili all'impatto con la superficie del mare.*

*Gli effetti di "pelatura" riscontrabili sugli elementi di struttura che sono posizionati anteriormente al tronco di coda stesso e la presenza delle tracce rosse sul bordo di attacco delle superfici orizzontali di coda, derivanti con molta probabilità dall'impatto con frammenti della fiancata del velivolo, rendono plausibile l'ipotesi che il suo distacco dal relitto principale si sia verificato dopo il cedimento dell'ordinata 642 e delle fiancate stesse del velivolo.*

*• Le modalità di cedimento dell'estremità della semiala sinistra meritano alcune considerazioni particolari che saranno effettuate nel successivo paragrafo.*

*Il relitto principale costituito dalla restante parte della fusoliera, da parte della semiala sinistra e dall'intera semiala destra, ha impattato con la superficie del mare in zona C (Fig. III-11- Vol. I), seguendo una traiettoria di caduta difficilmente ricostruibile a causa della mancanza di ogni superficie di stabilizzazione e controllo e della forte asimmetria geometrica delle due semiali. L'impatto con la superficie del mare è comunque avvenuto in corrispondenza del fianco destro del relitto secondo le modalità discusse nella Parte IV." (da pag. VIII - 5 a pag. 8)*

Di particolare rilievo è poi l'analisi dei danni riportati dall'estremità della semiala di sinistra. Il cedimento di questa parte dell'ala è avvenuto "attraverso una vistosa deformazione verso il basso, plausibilmente attribuibile all'azione di un momento flettente agente, ovviamente, nella stessa direzione, di intensità superiore a circa 10 to.x m." (f. 8)

Questa deformazione non può dipendere da un cedimento spontaneo della struttura, in quanto nelle condizioni di volo di crociera (risultanti anche dal FDR) le sollecitazioni sull'ala sono dirette verso l'alto. Si deve quindi essere determinata un'inversione del carico alare. Anche questo punto non è controverso.

Controversa è invece la causa dell'inversione del carico alare. Dall'accettazione delle due diverse ipotesi di causa, entrambe "esterne" all'aereo (esplosione di un ordigno in prossimità del motore di destra o influenza aerodinamica del passaggio di un aereo nelle immediate vicinanze del DC9), dipende l'individuazione di ciò che ha generato un meccanismo, la cui descrizione può però essere considerata comune.

Può quindi concludersi, insieme al Collegio peritale che:

*"può formularsi la plausibile ipotesi che, al momento dell'incidente, il velivolo sia andato soggetto a .. condizioni di carico [derivanti dal superamento del massimo valore del fattore di carico] che, attraverso il cedimento degli elementi critici*

*della struttura del velivolo, abbiano poi innescato la sequenza degli eventi in precedenza discussa" (f.10)*

I Consulenti di parte imputata hanno proposto un'ipotesi in parte differente di ricostruzione delle modalità di collasso della struttura, più marcatamente collegata alla individuazione di un'esplosione interna. Per affrontarla compiutamente è necessario ricorrere a una serie di informazioni che si vedranno solo in seguito, giacché essa parte essenzialmente dalle caratteristiche delle deformazioni patite dalle componenti della parte posteriore della fusoliera recuperate. Poiché, tuttavia, essa comprende anche una valutazione delle localizzazioni dei possibili reperti e suggerisce una compiuta ricostruzione della sequenza delle separazioni è opportuno anticiparne parte della discussione in questa sede, rinviando per un più approfondito esame ai luoghi di questa requisitoria nei quali si parlerà dei danni riportati dai singoli oggetti e delle conseguenti ipotesi formulabili.

Una prima ricostruzione, proposta con una memoria dell'8 luglio 1992, è stata diversamente articolata e in parte modificata a seguito del deposito dell'elaborato peritale.

Secondo questa nuova prospettazione<sup>37</sup>, un'esplosione interna avrebbe determinato in sequenza, come prima serie di eventi, il cedimento della paratia pressurizzata, l'espulsione del cono di coda e della scala posteriore e il cedimento della struttura dell'attacco posteriore del motore destro. Si sarebbe quindi separato il motore destro e avrebbe cominciato il cedimento del supporto posteriore di quello sinistro. Si sarebbe quindi distaccata la coda, con conseguente immediato movimento a picchiare del velivolo, che avrebbe a sua volta causato il movimento flessorio dell'ala sinistra e il distacco del motore sinistro. A questo punto si sarebbe definitivamente separato, a seguito di cedimento per flessione, l'ultimo terzo dell'ala sinistra e l'aereo sarebbe precipitato in vite.

Questa ipotesi ricostruttiva ha il pregio di consentire di spiegare - almeno in parte - l'ingestione di oggetti da parte dei motori, ma dopo che questi si erano spenti: infatti il cedimento della paratia di pressurizzazione sarebbe stato contestuale all'interruzione dell'alimentazione elettrica e del carburante.

Osservano però CASAROSA ed HELD (rispondendo a un quesito a chiarimenti richiesto dall'Ufficio del p.m. a partire dalle notazioni dei Consulenti di parte imputata) che "i relitti della scala, e in particolare i relitti dei gradini della parte fissa (AZ 465), della struttura della parte fissa (AZ 604), del corrimano (AZ 569), [sono] stati recuperati in prossimità del limite sud dei ritrovamenti (il relitto della

<sup>37</sup> Si veda la memoria del 19 aprile 1994.

parte mobile è leggermente più a nord dei precedenti, ma sempre prossimo al limite sud dei ritrovamenti). Questo significa che essi sono stati tra gli ultimi elementi a distaccarsi dal velivolo (almeno tra quelli recuperati) e, di conseguenza, questa loro caratteristica di ritrovamento, che è un elemento di valutazione oggettivo, contrasta con l'ipotesi che il distacco della scala possa essere avvenuto per effetto dell'onda di pressione generata da fenomeno esplosivo. Infatti, in questo caso, il distacco della scala avrebbe dovuto essere immediato e i suoi frammenti avrebbero dovuto trovarsi in prossimità del limite nord dei ritrovamenti.

D'altra parte, la posizione di ritrovamento dei relitti in esame è congruente con le modalità di distacco del tronco di coda che non è avvenuto immediatamente, ma dopo alcuni secondi dall'inizio della frammentazione della parte posteriore della fusoliera ... Tali risultati sono stati ricavati basandosi sui dati oggettivi desumibili dalle caratteristiche di ritrovamento dei frammenti e, pertanto, possono ritenersi ragionevolmente certi."

I Periti rilevano poi che a questi elementi devono aggiungersi quelli derivanti dall'esame delle deformazioni patite da alcuni reperti. Notano innanzitutto che gli elevatissimi valori di pressione ipotizzati dai Consulenti non avrebbero potuto non danneggiare gravemente le parti della scala direttamente esposte all'onda di pressione; gli scalini, invece, su cui pure si sarebbe abbattuto un valore di pressione oscillante tra le 100 e le 280 tonnellate, non sono né deformati né frantumati.

Tutte le deformazioni della zona del tronco di coda, ivi compreso il rivestimento esterno della scala, sono orientate verso l'interno e non viceversa.

Il tubo fratturato a torsione, erroneamente indicato dai Consulenti di parte come quello di comando dei ganci di bloccaggio della scaletta, è in realtà il tubo su cui sono vincolate le aste di comando del sistema apertura/chiusura della scala e la rottura fu determinata "dagli elementi di fissaggio del manicotto di attacco dell'asta al tubo stesso".

Il tubo di comando dei ganci di bloccaggio, invece, "è ancora integro per tutta la sua lunghezza". Così' come integri sono i ganci di bloccaggio destri e sinistri della scala. Individuato il corretto posizionamento dei reperti e le modalità di funzionamento del complesso di apertura e chiusura della scala in aereo integro, sostanzialmente difformi da quelli descritti dai Consulenti di parte, i Periti concludono che le modalità di rottura a torsione del tubo indicate dai primi non possono essersi verificate.

"La rottura a torsione del tubo ... é invece congruente con le azioni di torsione trasmesse dall'asta di comando sinistra del sistema di apertura/chiusura al momento del distacco della scala (trazione sul tubo telescopico vincolato alla scala sul lato sinistro, flessione sull'asta sinistra, torsione sul tubo)".

Conseguentemente, "il distacco della scala [si é] verificato al momento del distacco del tronco di coda, principalmente per effetto di azioni meccaniche .....[e non é] imputabile ad effetti conseguenti all'esplosione".

Il distacco del tronco di coda "può a sua volta esser derivato o dal superamento del massimo valore del fattore di carico o da un evento esterno o interno che possa aver danneggiato gli elementi strutturali di vincolo del tronco di coda al resto della fusoliera"<sup>38</sup>.

L'ipotesi di ricostruzione delle modalità di collasso della struttura ipotizzate dai Consulenti di parte imputata non possono, dunque, essere condivise.

Anche i Consulenti della parte civile hanno sottoposto a osservazioni critiche l'ipotesi peritale, avanzando una diversa prospettazione della serie causale.

In particolare, si è sottolineato che il fatto che all'interno dei motori siano stati reperiti frammenti certamente provenienti dalla cabina (come gli spezzoni di guarnizioni antivibranti dei pannelli di fusoliera) sarebbe univocamente indicativo del fatto che essi non si sono separati dalla struttura dell'aereo come componente iniziale del collasso. Il fatto, poi, che tali frammenti non siano stati triturati o liquefatti indicherebbe anche che i motori non erano in funzione.

Ciò comporterebbe che l'ingestione dei frammenti nei motori è avvenuta quando questi, ancora vincolati alla fusoliera, erano ormai spenti<sup>39</sup>.

Ne conseguirebbe che l'evento che ha comportato l'interruzione nell'alimentazione dei motori non ha contemporaneamente determinato la separazione della parte posteriore dell'aereo: esso sarebbe quindi giunto pressoché intatto all'impatto con il mare.

---

<sup>38</sup> Risposte ai quesiti a chiarimenti formulate dai Periti Casarosa ed HELD e depositate il 23 novembre 1994

<sup>39</sup> Memoria depositata il 18 marzo 1995.

Argomenti in tal senso verrebbero anche dal fatto che in zona B, oltre ai motori, venivano recuperate anche parti del DC9, provenienti anche dalla zona anteriore dell'aereo<sup>40</sup>.

In effetti, l'argomento relativo agli oggetti rinvenuti nei motori non trova - a parere di questo Ufficio - adeguata confutazione; esso, peraltro, appare comune tanto alle osservazioni della parte civile, quanto a quelle degli imputati. Per ciò che concerne la localizzazione dei ritrovamenti, si rinvia a quanto osservato in altra parte di questo scritto, limitandocisi qui a sottolineare che almeno per due reperti non sono state trovate ragionevoli spiegazioni circa il punto del ritrovamento.

In conclusione, la ricostruzione dei tempi e delle modalità di collasso suggerita dal Collegio SANTINI appare in genere convincente e fondata su solidi argomenti.

Essa presuppone, però, che si accetti che il *crosstie relay* possa entrare in funzione nello spazio di centesimi di secondo (e non di un periodo assai più lungo, come sostenuto da PROTHEROE), che i motori (e in particolare quello di destra) possano avere ingerito frammenti provenienti dalla fusoliera e che si ritenga non essenziale il rinvenimento di alcuni frammenti in zone diverse da quelle ipotizzabili.

Tale ricostruzione costituisce un punto di partenza per la individuazione delle cause della distruzione dell'aereo. Come s'è visto, essa lascia aperte ancora tutte le possibili ipotesi, ad eccezione di quella del cedimento strutturale.

La risposta al quesito fondamentale presuppone infatti che si affrontino una serie di questioni, in parte già indicate, e che il complesso degli elementi così individuati venga infine coordinato con quelli emergenti dalla lettura dei dati radaristici.

#### I. 11. LA RICERCA DI ELEMENTI SPECIFICI, INDICATIVI DELLE CAUSE DEL SINISTRO. ROTTURE PER FATICA

Le modalità di collasso del velivolo ipotizzate dal Collegio SANTINI costituiscono dunque un buon punto di partenza, nei limiti che si sono indicati. Occorre verificare come esse si coordinano con le altre acquisizioni di carattere tecnico, a partire da quelle di carattere chimico - esplosivistico.

<sup>40</sup> Memoria depositata il 22 dicembre 1995.

Gli elementi sin qui esaminati indicano dunque con quali modalità il DC9 si distrusse, quali elementi si separarono per primi e quali parti si schiantarono contro la superficie del mare separatamente dal relitto principale. Questa ricostruzione sarà molto utile per l'interpretazione dei dati radaristici, sui quali peraltro pure si basa.

Da essa è anche possibile desumere elementi molto importanti per l'individuazione della causa del collasso della struttura. E pur tuttavia la ricostruzione suddetta non è di per sé sufficiente per affermare l'una piuttosto che l'altra delle possibili cause. Sappiamo che la rottura dei supporti del motore destro ne ha provocato la separazione dalla fusoliera come primo momento del collasso, ma non sappiamo cosa abbia determinato questa rottura.

Una prima serie di analisi, assai approfondita, ha riguardato la possibilità che il cedimento fosse dipeso da ragioni strutturali endogene.

L'ipotesi del cedimento strutturale è sempre stata ben presente agli inquirenti e ai Collegi peritali che si sono via via succeduti. Questa ipotesi sarà esaminata successivamente, anche in considerazione del fatto che modalità simili di destrutturazione in volo di un aereo erano già state osservate in occasione della perdita del velivolo BAC 1-11. Qui si discuteranno solo gli elementi di fatto ricavabili dalle indagini tecniche sui reperti.

Sin dalle prime operazioni di esame dei reperti mano a mano recuperati è stata dunque prestata una particolare attenzione a rilevare le possibili modalità di frattura, caratteristiche del cedimento. Su nessun oggetto esse sono state rinvenute. Particolare cura è stata prestata agli elementi originatori del collasso e quindi alle parti recuperate dei raccordi tra i motori (e in specie quello di destra) e la struttura dell'aereo.

Nel corso dell'espletamento della perizia affidata al Collegio SANTINI si è ritenuto necessario avvalersi delle specifiche competenze di un Collegio frattografico, che potesse fornire al Collegio principale le informazioni utili, via via che i lavori evidenziavano elementi su cui potevano esser rilevati segni di rottura. Questa fase di selezione è stata molto accurata e ha comportato anche il riesame delle precedenti acquisizioni.

Le aree del velivolo su cui si sono maggiormente concentrate le indagini sono:

1. parte superiore della cabina di pilotaggio;

2. telaio della porta passeggeri, con particolare attenzione alla parte superiore dei montanti che apparivano estesamente deformati<sup>41</sup>;
3. sezione dell'aviogetto in corrispondenza delle ali, con esplicito interesse per la parte sinistra dell'aereo;
4. sezione di coda con specifico interesse per le rotture dei correnti di collegamento con la sezione dei motori.<sup>42</sup>

Sono stati poi prelevati numerosi pezzi, sia a seguito di segnalazioni del Collegio SANTINI e degli altri Collegi specialistici, sia su indicazioni delle parti private. Delle analisi relativi ai reperti rilevanti ad altri fini si darà conto nei luoghi opportuni di queste requisitorie. Qui si ricorderanno sinteticamente solo i risultati delle indagini rilevanti ai fini dell'esclusione di un cedimento strutturale spontaneo.

In nessuna delle zone esaminate e su nessun reperto sono state individuate modalità di frattura caratteristiche della frattura da fatica.

Queste, infatti, avvengono con modalità agevolmente identificabili "perché la superficie di rotture presenta inconfondibili caratteristiche che fanno distinguere la parte di materiale che è stata interessata dal progressivo estendersi della fessura nel suo interno e la parte che ha ceduto istantaneamente quando la sezione resistente ha raggiunto elevati livelli di danneggiamento"<sup>43</sup>.

Particolare attenzione è stata posta sia nell'esame dei vincoli dei motori alla struttura dell'aereo, nelle parti recuperate, che in quello di due frammenti (AZ32 e AZ204) recuperati nella zona ove si trovavano parti dell'aereo che si suppone siano state espulse durante le primissime fasi del collasso.

Neppure su queste componenti è stato possibile rinvenire indizi di cedimento per fatica.

Per completare gli aspetti relativi all'ipotesi di cedimento strutturale, certamente da escludersi dal novero delle possibili cause, si osserva che l'aereo era stato completamente revisionato (Chek D) presso la ditta costruttrice prima della cessione all'ITAVIA (26 febbraio 1972)

---

<sup>41</sup> Si noti, con riferimento alle osservazioni critiche di parte civile, di cui si dà conto in altra parte delle requisitorie, come il telaio della porta anteriore sia stato addirittura ricompreso tra le zone di particolare sviluppo delle indagini frattografiche.

<sup>42</sup> Relazione del Collegio metallografico - frattografico, depositata il 29 luglio 1994.

<sup>43</sup> Relazione SANTINI, IX, pag. 47.

In seguito aveva subito normali interventi di manutenzione, ad eccezione di due interventi di carattere particolare, uno dei quali da considerare con particolare attenzione, in considerazione delle conclusioni degli accertamenti peritali circa le modalità di separazione delle parti della fusoliera.

Il 15 novembre 1977, infatti, il DC9 aveva subito danni a causa di un forte vento, che aveva fatto adagiare il velivolo sulla coda, mentre era parcheggiato sul piazzale di sosta dell'aeroporto di Cagliari. Si era quindi dovuto intervenire sulle ordinate posteriori di fusoliera, fuori della zona pressurizzata. Per tali lavori furono seguite le indicazioni della Casa costruttrice.

Il Collegio peritale ha concluso che al momento dell'incidente la cellula del velivolo, i motori e gli accessori imbarcati erano in regola con tutte le prescrizioni di aeronavigabilità e non avevano raggiunto i limiti di impegno approvati.

Le condizioni meteorologiche avrebbero potuto presentare qualche problema, anche in considerazione del fatto che la disintegrazione in volo dell'aereo BAC 1-11, già citato, si verificò proprio per le condizioni meteorologiche nelle quali il velivolo si era venuto a trovare. Occorre peraltro premettere che in quel caso di trattava di condizioni decisamente avverse, che avrebbero sconsigliato addirittura il volo.

Il bollettino SIGMET per le ore 14.00 / 20.00 del 27 giugno indicava: "*Severa turbolenza in aria chiara prevista sulla FIR di Roma tra i livelli 140 e 420. Temporali isolati previsti sulla FIR di Roma. Intensità stazionaria*". Alla quota di volo del DC9 vi era, poi, nella zona dell'incidente, vento con direzione 260° e con velocità di 100 Kt.

La situazione meteorologica del 27 giugno 1980 (Allegato N alla Perizia SANTINI) indicava la presenza di un jetstream con massima intensità intorno agli 8.000 metri. Si osservava che, poiché la massima turbolenza generalmente occorre al di sotto del nucleo della corrente, il DC9 avrebbe dovuto incontrare una forte, e probabilmente molto forte turbolenza alla quota di volo (indicata in 7.600 metri). Va però segnalato che né dalle registrazioni dei sistemi AIDS degli aerei in volo, né dalle conversazioni radio terra - bordo - terra risultano segnalate turbolenze.

Risolutivo è poi l'esame dell'FDR nel quale non risulta alcuna turbolenza e che anzi attesta che il volo si svolse regolarmente fino al momento dell'incidente.

Analoghe considerazioni possono essere fatte a seguito dell'esame degli strumenti di rotta a funzionamento elettrico e bloccatisi, di conseguenza, nel momento in cui cessò l'alimentazione (naturalmente ad eccezione di quelli che, per modalità di funzionamento, non possono fornire utili indicazioni, come i Flight Directors del Comandante e del Copilota, che si portano automaticamente in posizione di fine corsa, quando non più alimentati).

Deve quindi escludersi, conclusivamente, che vi sia indizio che la caduta del DC9 sia da attribuirsi a cedimento strutturale per fatica o per anomale sollecitazioni determinate dalle condizioni meteorologiche.

#### I. 11.1 ESAME DEI FRAMMENTI E DELLE SCHEGGE

Sono stati poi esaminati tutti gli elementi correlabili con un evento esplosivo.

Un gran numero di schegge e frammenti fu rinvenuto infisso nei cuscini e negli schienali recuperati, sin dalle primissime indagini di natura tecnica.

Essi furono esaminati accuratamente dal Collegio-BLASI, che ne fece un'ampia disamina, descrivendone anche le modalità di penetrazione all'interno degli oggetti in cui furono rinvenuti, principalmente schienali e cuscini. Essi furono sottoposti ad analisi chimiche e metallografiche e a indagini morfologiche da diversi Enti specializzati, a partire dai Laboratori dell'Aeronautica Militare.

A proposito della rilevazione di fenomeni caratteristici di esplosione su fibre e su frammenti metallici, il collegio BLASI conclude "Le caratteristiche morfologiche, rilevate sui reperti .... provano che c'è stata la detonazione di un ordigno esplosivo"

Particolarmente rilevante appare il numero e le caratteristiche delle fibre che si ritennero globularizzate. Si riproducono le tabelle tratte dalla Perizia BLASI, relative la prima ai risultati dell'esame morfologico dei fori e delle lacerazioni presenti nei bagagli, mentre la seconda concerne l'esame morfologico dei bordi dei fori e delle lacerazioni presenti nelle fodere dei cuscini dei passeggeri<sup>44</sup>:

<sup>44</sup> Si sono riprodotte le tabelle II.A - 2 e -3 tratte dalla Perizia BLASI, pag. 50 ss.. Si allega anche la relativa documentazione fotografica.

Bagaglio	Foto bagaglio (Relazione AMI N. 4)	Fibre fuse e globularizzate	Foto fibre (Relaz. Ami N. 4)	NOTE
1	46 - 47	solo alcune	78	-----
2	48 - 49	numerose	da 79 a 82	-----
3	50 - 51	numerossissime	da 83 a 93	numerose estremità oltre che fuse e globularizzate sono anche incollate fra loro per fusione (Foto da N. 83 a 90)
5	54 - 55	molto	da 94 a 101	-----
7	58 - 59	numerose	da 102 a 104	-----
8	60 - 61	alcune	da 105 a 112	-----
9	62 - 63	molto numerose molto numerose	da 113 a 123	-----

Fodera del cuscino	Foto cuscino (Relazione AMI N. 4)	Fibre fuse e globularizzate	Foto fibre (Relaz. Ami N. 4)	NOTE
N.	N.		N.	
10	da 124 126	solo alcune	132	-----
13	127	alcune	133 - 134	-----
22	128	solo alcune	135	-----
26	129 - 130	solo alcune	136	-----
35	131	solo alcune	137	-----

Queste conclusioni erano già state oggetto di osservazioni critiche da parte dei Consulenti della parte civile ITAVIA<sup>45</sup>, con argomentazioni condivisibili. Si nota, infatti, che la diffusione dei frammenti con origine dal focolaio di scoppio è condizionata dall'inerzia dei singoli frammenti e dalla resistenza fluidodinamica sia del singolo frammento che dello sciame (con le conseguenti complicazioni fluidodinamiche). La gran parte dei corpi estranei trovati infissi nei cuscini e negli schienali è costituito da frammenti di piccole dimensioni e con peso specifico basso (tranne alcuni reperti di cui si dirà). Ciò implica che, per essere proiettati con forza sufficiente per infingersi nei luoghi ove furono ritrovati, essi avrebbero dovuto trovarsi nelle immediate vicinanze dell'esplosione e che questa, a sua volta, avrebbe dovuto essersi verificata a breve distanza dagli oggetti (schienali e cuscini) nei quali i frammenti penetrarono.

Nota il Consulente che la quasi totalità dei frammenti non appare invece esser penetrata con le caratteristiche suddette. Farebbe eccezione il frammento estratto dallo schienale n. 27 che penetrò per circa 30 cm. e all'esame dei laboratori AMI presentava *rolled edges, gas wash e pitting*<sup>46</sup>, nonché i noti reperti 52 -1M e 6-4M, per i quali però - a dire del Consulente - mancano elementi certi per valutarne la localizzazione e profondità di penetrazione.

Considerate le gravi incertezze interpretative, il Collegio SANTINI ha condotto direttamente nuove investigazioni, sia sui reperti nel frattempo recuperati e che quindi non erano stati oggetto di analisi in precedenza, sia sui vecchi reperti. Inoltre sono state disposte dal Giudice indagini peritali di supporto, anche di revisione delle metodologie impiegate nelle prime analisi, finalizzate sia a controllarne la attendibilità sul piano scientifico che a verificare se ulteriori informazioni potessero essere ottenute attraverso le più sofisticate tecnologie cui era ormai possibile fare ricorso.

Occorre premettere che il Collegio peritale ha motivato la necessità di condurre nuove investigazioni con la circostanza della incompatibilità dei risultati ottenuti in passato con l'ipotesi di collocazione di un ordigno nel vano toilette<sup>47</sup>, cui il

---

<sup>45</sup> "Note controdeduttive tecnico - balistiche ed esplosivistiche della parte civile ITAVIA alle conclusioni delle relazioni di perizia d'ufficio" depositate dal Prof. Antonio UGOLINI il 28 giugno 1990.

<sup>46</sup> Cfr. Relazione Laboratori AMI del 5 ottobre 1982

<sup>47</sup> Il percorso logico è reso ben chiaro nelle osservazioni "sull'ipotesi di esplosione interna e formulazione di una ipotesi alternativa", redatte nel dicembre 1992 dal Prof. CASAROSA. Il Perito sintetizza gli elementi a favore di un'esplosione nel vano toilette, indicandoli innanzitutto in quelli desumibili dall'esame delle deformazioni patite dal relitto e poi nei risultati delle analisi morfologiche e chimiche (tracce di T4 su 2 schegge estratte dal cuscino n. 3 e sulle valigie 11, 14 e

Collegio era infine giunto. Sia ben chiaro che con questo non si intende criticare la metodologia seguita dal Collegio. Al contrario, va apprezzato lo scrupolo con il quale si sono sottoposti a verifica elementi apparentemente contrastanti con l'ipotesi considerata.

Semmai dovrà valutarsi criticamente il fatto che, completata l'opera di serrata confutazione dei risultati delle precedenti indagini peritali, non se ne siano tratte le conseguenze logiche. Inoltre, pur dopo avere eliminato una gran mole di elementi, in passato ritenuti significativi, altri ne sono rimasti per i quali il Collegio non ha fornito alcuna spiegazione compatibile con l'ipotesi da ultimo accettata.

Un primo studio<sup>48</sup>, poi riportato in gran parte nella relazione peritale, ha dato conto delle 682 che furono individuate dai laboratori dell'Aeronautica Militare nel

---

15; tracce di TNT e T4 sul gancio estratto dallo schienale 2). Le analisi morfologiche erano così sintetizzate (al dicembre 1992):

*a) Rolled edges - Gas Wash - Melting*

AMI - schegge estratte dai nove cuscini n. 2,6,10, 26,27, 30, 35, 50, 52.

RARDE - schegge estratte dai cuscini 6 e 52 (6-4M; 52-1M). Su entrambe *Rolled edges e melting* (parziale); su 52-1M anche *Gas wash*.

*b) Fibre globularizzate sulle fodere dei cuscini*

AMI - fodere dei cuscini n. 10, 13, 22, 25, 26 (poche e poco probanti)

RARDE - fodere dei cuscini 5,6,23, 31, 43 + tessuto schienale 16 rosso con gancio.

*c) fibre globularizzate sugli involucri delle valigie*

AMI - valigie n. 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9.

RARDE - su cinque campioni tratti da bagagli non specificati (forse gli stessi di AMI).

*d) buccia d'arancia*

RARDE - disco metallico estratto da una non specificata valigia.

*e) fusioni*

RARDE - vestito della bambola

*f) schegge*

AMI - n. 689 schegge estratte da 20 cuscini, due scivoli, due salvagenti.

ALFA AVIO - n. 330 schegge estratte da 25 schienali

*g) intrusioni sul tappeto*

DRA (ex RARDE) - parte centrale del tappeto

2.2.3 - Sulle analisi del relitto

Le evidenze sul relitto di un evento esplosivo all'interno della toilet, sono riportate nel citato documento di Frank Taylor dell'1 Ottobre 1992.

Se ho ben interpretato il pensiero del collega Taylor, tali evidenze possono così sintetizzarsi:

a) - Fenomeni di quilting e scratching sul rivestimento della fusoliera sovrastante la parte terminale della zona di attacco delle ali:

b) - Rotture e distorsioni sull'ordinata di attacco anteriore dei motori:

c) - Flessione verso il basso e buckling di frammento del pavimento sottostante la toilet

1980/81 ed estratte e delle 49 schegge rinvenute nel corso delle successive indagini peritali. Se ne sono ricostruite la posizione nei cuscini, le modalità di penetrazione, le caratteristiche, la provenienza.

d) - Deformazione verso l'interno della cornice della porta in corrispondenza del bulkhead:

e) - Deformazioni di elementi interni della toilet.

A queste evidenze va anche aggiunta la deformazione verso l'esterno di un frammento di paratia del pilone destro, posizionata immediatamente a contatto della carenatura del motore, rilevata in data successiva al predetto documento.

Nessun elemento considerato porta tracce specifiche di esposizione ad una esplosione nelle sue vicinanze quali fusioni, pitting, ecc., o fratture di tipo "dinamico".

### 2.3 - Osservazioni conclusive

In definitiva, dalle precedenti osservazioni, possono trarsi, a mio parere, le seguenti conclusioni:

a) - La formazione di schegge non è attribuibile ad evento esplosivo:

b) - Le fusioni e bucce d'arancia rinvenute, non sono in accordo con l'ipotesi di esplosione nella toilet:

c) - Le tracce di gas-wash, melting e rolled edges non sono in accordo con il fatto che le schegge in esame, con molta probabilità, non si sono originate da zone a contatto con l'esplosione, nella ipotesi che essa si sia verificata nella toilet;

d) - La globularizzazione delle fibre non è in accordo con la mancanza di schegge primarie. Tutte le schegge rinvenute, non derivano da esplosione.

e) - Tutte le analisi morfologiche, se ritenute valide, indicherebbero che l'esplosione sarebbe avvenuta in un punto diverso dalla toilet:

f) - Le indagini chimiche non danno alcuna certezza:

g) - Le rotture e/o deformazioni strutturali possono anche ritenersi indicazioni non univoche di esplosione.

h) - Nessun segno di impatto sulle carenature e sul pilone del motore destro, adiacenti alla zona distrutta dalla ipotizzata esplosione.

i) - Gli arredi della toilet non portano segni di esplosione.

Quindi, a mio parere, esistono alcuni elementi di dubbio sull'ipotesi di esplosione interna in senso generale e forti elementi contrari all'ipotesi di esplosione all'interno della toilet."

<sup>48</sup> "Analisi delle schegge rinvenute nei cuscini" del dicembre 1992, redatto dal Prof. CASAROSA.

Ben motivata appare la discussione sulla provenienza della quasi totalità dei numerosi frammenti individuati nei cuscini e negli schienali dall'impatto della parte anteriore del velivolo con l'acqua e con il duplice, conseguente effetto della proiezione di schegge e frammenti determinata dalla tensione accumulatasi nella struttura in tale fase e dalla forza esercitata dall'acqua, irrompente nell'aereo con la velocità equivalente a quella della fusoliera al termine della traiettoria.

Ciò giustificherebbe la non univocità direzionale delle schegge, la natura dei frammenti, la loro allocazione all'interno di zone sulle quali sono riscontrabili danni generatisi indipendentemente dalla loro penetrazione.

In particolare, gran parte delle schegge lignee, repertate all'interno di molti cuscini, sono state individuate come provenienti dalla frantumazione dei tavolinetti agganciati ai sedili dei passeggeri. In considerazione del numero di cuscini interessati dal fenomeno, se esso dovesse essere stato causato da un'esplosione, dovrebbe dedursene che almeno sei file di sedili erano state interessate dall'esplosione. Il quantitativo di esplosivo impiegato sarebbe stato, di conseguenza, di tale entità da determinare danni molto estesi e facilmente rilevabili.

Queste conclusioni sono state sottoposte a critica dai consulenti di parte imputata. In particolare BAZZOCCHI, già nella memoria del 25 maggio 1994, proponeva un'interpretazione del tutto difforme da quella accettata dal Collegio SANTINI. A parere del Consulente, infatti, le caratteristiche morfologiche dei frammenti e le modalità di penetrazione nei cuscini e negli schienali erano indicativi di un'elevata velocità, compatibile esclusivamente con un fenomeno esplosivo. Per giustificare l'assenza di altri segni, caratteristici di un fenomeno così diffuso e devastante (in considerazione del numero delle schegge e della quantità di cuscini e schienali interessati) BAZZOCCHI suggerisce una dinamica dell'evento paragonabile a quella accertata nel caso dell'aereo PAN AM distrutto da una bomba sul cielo di Lockerbie; in quel caso l'onda d'urto dell'esplosione (avvenuta nel deposito bagagli) era stata canalizzata dai dotti di areazione e aveva cagionato effetti devastanti in zone del tutto diverse della fusoliera.

Ipotizzando, dunque, un'esplosione nel vano bagagli o nel vano toilette, ma in posizione tale da interessare direttamente il sottostante bagagliaio, il BAZZOCCHI afferma che l'onda d'urto sarebbe stata canalizzata, in tutti e due i casi attraverso il bagagliaio, nelle intercapedini esistenti tra la struttura esterna della fusoliera e i rivestimenti interni. L'onda d'urto "viene riflessa lungo le pareti dell'intercapedine e con la sua energia produce la frantumazione della parete in plastica; i frantumi vengono proiettati dall'onda d'urto verso l'interno della

fusoliera, investendo il rivestimento dei cuscini dei seggiolini e si conficcano nella gommapiuma che costituisce l'imbottitura dei cuscini stessi" (pag. 5 cap. 5).

Questa ricostruzione si scontra con il fatto che le intrusioni non provengono solo dal rivestimento della fusoliera, ma da un'infinità di fonti diverse (fogli di carta, schegge di legno provenienti dai tavolinetti, ecc.) e che gli stessi effetti avrebbero dovuto esser riscontrati sui corpi dei passeggeri, giacché il fenomeno si sarebbe verificato nella primissima fase del collasso dell'aereo e quindi quando questi si trovavano ancora ai loro posti. Inoltre la ricostruzione della canalizzazione dell'onda d'urto presuppone una localizzazione dell'ordigno (bagagliaio posteriore o pavimento della toilette) che invece, come si vedrà, deve essere esclusa.

D'altra parte queste conclusioni sono in sintonia con l'assenza di danni di entità tale da essere correlabili con un'esplosione (interna o esterna) sui tappeti. Essi sono stati recuperati in buona parte e se ne è offerta un'argomentata ipotesi di ricostruzione (rilevante quando si esaminerà l'ipotesi SEWELL). Comunque essi fossero disposti, certo è che non è stato possibile riscontrarvi né tracce di penetrazione ad alta velocità (globurizzazione delle fibre), né di esposizione a fonti di calore.

#### I. 11. 2 I REPERTI SU CUI SONO STATI RICONTRATI INDIZI DI ESPLOSIONE

Quanto si è sin qui detto implica: a) che non è possibile ricondurre la generalità delle schegge e dei frammenti a un'esplosione, interna o esterna, con le eccezioni che si vedranno; b) che è necessario giustificare la presenza di limitate tracce di penetrazione ad alta velocità e di effetti tipici di esplosione in diversi oggetti.

Inoltre, va rilevato che vi sono alcuni reperti, in numero esiguo, sui quali è possibile riscontrare tracce che, secondo le indicazioni di esperti, potrebbero derivare dalla vicinanza - più o meno prossima - a un'esplosione.

Se infatti appare condivisibile l'argomentazione di carattere generale circa la non riconducibilità dei frammenti a un fenomeno esplosivo, più complesso è l'esame concernente alcuni specifici oggetti.

Nel periodo immediatamente successivo al sinistro, i laboratori dell'Aeronautica Militare rinvennero segni di *rolled edges*, probabile *gas - wash* e *pitting*<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Si tratta di caratteristiche morfologiche ritenute indicative di fenomeni esplosivi:  
1. *rolled edge* allungamento e arrotondamento dei bordi della superficie di rottura

(quest'ultimo su di un solo reperto) su 14 reperti estratti da 9 cuscini (la cui posizione a bordo non è possibile accertare). L'analisi morfologica, tuttavia, non fu confermata da quella metallografica, cosicché si esclude che gli oggetti fossero effettivamente stati nelle vicinanze di una fonte esplosiva.

Su 7 valigie, invece, furono rilevati fenomeni di globularizzazione delle fibre<sup>50</sup> sui bordi di fori di penetrazione di schegge. Tale fenomeno era particolarmente esteso sulla valigia n. 3. Non furono però raccolti gli oggetti che potevano aver dato luogo ai fori e quindi non fu possibile comparare i fenomeni eventualmente esistenti su tali oggetti con quello appena descritto. Certamente la globularizzazione delle fibre è indicativa di penetrazione ad alta velocità e viene generalmente associata a fenomeni esplosivi.

Sulla superficie esterna di tre valigie (diverse dalle sette descritte in precedenza) fu poi accertata la presenza di esplosivo T4. Lo stesso tipo di esplosivo fu individuato su due schegge estratte dal cuscino n. 3 (diverso, a sua volta, da quelli al cui interno furono trovati frammenti con l'apparenza di fenomeni caratterizzanti un'esplosione).

Nuovi accertamenti morfologici, metallografici e chimici furono condotti nel 1986/88 dal Collegio BLASI, sia presso il laboratorio di spettrometria di massa del CNR di Napoli che presso l'Ente britannico RARDE (poi DRA).

Fu confermata la presenza di segni, attribuibili ad esplosione, solo sui frammenti 6 - 4M (proveniente dal cuscino n. 6 e presentante *rolled edges e partial melting*) e 52 - 1M (proveniente dal cuscino n. 52 e che aggiungeva ai due fenomeni del 6 anche il *gas wash*). Fu confermata la presenza di globularizzazione su numerosi

- 
2. *gas wash* danneggiamento, per fusione ed erosione, della superficie dei frammenti metallici, provocato dal contatto con i gas caldi e ad elevata velocità derivanti dalla detonazione dell'esplosivo
  3. *pitting* vaiolatura della superficie dei frammenti metallici, causata dall'urto di piccole particelle, prodottesi durante l'esplosione e quindi dotate di alta velocità

Altri fenomeni indicativi di esplosione, derivanti dalle modificazioni microstrutturali dei metalli, sono:

4. *twinning* geminazione dei cristalli del materiale metallico, che si produce con elevate velocità di deformazione, ma solamente nelle leghe di rame e ferro
5. *recrystallization* ricristallizzazione a grani anormalmente piccoli della microstruttura originaria deformatasi plasticamente
6. *partial melting* rifusione parziale dei bordi di grano

<sup>50</sup> La globularizzazione delle fibre consiste in un fenomeno di fusione e globularizzazione caratteristico della penetrazione di gas o frammenti ad alta temperatura in tessuti di fibre sintetiche

frammenti di valigie (non è però possibile individuare con esattezza a quali reperti di origine dovessero ricondursi) e anche - circostanza nuova - sui fori di ingresso di oggetti nelle fodere di cinque cuscini, tra cui il n. 6.

Segni di vicinanza ad un'esplosione venivano rinvenute sul vestito di una bambola (zone recanti tracce di fusione del tessuto, ritenute indice del passaggio di corpi ad alta velocità, e masse fuse di materiale fibroso). La bambola era stata recuperata tra i rottami della parte anteriore della fusoliera e precisamente tra quelli della cabina di pilotaggio. La posizione della bambola è peraltro congruente con il fatto che almeno una delle cinque bambine che erano a bordo dell'aereo era con ogni probabilità seduta nei primi posti anteriori, perché viaggiava da sola ed era affidata al personale di bordo.

Un disco di metallo, la cui provenienza non fu possibile accertare, ma che sembrerebbe esser stato estratto da una valigia, recava infine una deformazione della superficie ("a buccia d'arancia"), che si ritenne esser caratteristica di un fenomeno esplosivo.

Il laboratorio del CNR, a sua volta, esaminò un gran numero di frammenti, rinvenendo tracce di TNT e T4 su di un gancio estratto da uno schienale.

Un Collegio chimico ha riesaminato le valigie sulle quali i laboratori dell'AMI avevano individuato la presenza di solo T4. E' stata riscontrata la presenza di tracce di esplosivo sui colli n. 11 e 14 (presumibilmente bagagli a mano), ma in composizione TNT e T4 (analoga, cioè a quella del gancio).

\* - I. 11:3 REPERTI 6-4M E 52-M

Nuove analisi chimiche e metallografiche sono state compiute sui frammenti 6-4M e 52-1M.

Si tratta di due frammenti rimossi dai cuscini 6 (in posizione 4) e 52 (in posizione 1) dal personale dei laboratori dell'Aeronautica Militare.

I due frammenti rivestono particolare importanza. Essi sono i soli (insieme a un disco di cui non è stata individuata la provenienza, v. appresso) sui quali sono state trovate tracce morfologiche e di struttura microscopica di esposizione diretta a un'esplosione. Si tratta di risultati certi, convalidati dalle analisi di diversi Enti.

Da ultimo, con la relazione riassuntiva del 25 febbraio 1994, il DRA (già RARDE), che per primo aveva individuato sui reperti le caratteristiche del *gas-wash* e *rolled edges*<sup>51</sup>, ribadiva che queste marcature sono di per sé stesse prova di un'esplosione; concludeva che anche solo uno dei due frammenti doveva essere considerato come prova irrefutabile che un simile evento si era verificato<sup>52</sup>.

Nel corso dei primi accertamenti peritali si ritenne che essi provenissero dal rivestimento esterno dell'aereo e quindi furono unanimemente ritenuti dal Collegio BLASI indicativi di un'esplosione esterna. In seguito, quando il Collegio si divise a causa dei nuovi elementi radaristici, BLASI e CERRA formularono ipotesi alternative ma senza porre in discussione la provenienza dalle parti esterne, qualora si fosse accettata l'ipotesi che le due schegge di alluminio provenissero da materiale aeronautico.

IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO rimasero invece fermi nella convinzione che i due frammenti fossero stati proiettati all'interno dell'aereo dall'esplosione di una testata di guerra di un missile e che appartenessero o a rivestimento e ordinate della fusoliera del DC9 (controllare pag. 89 1^ perizia BLASI) o a frammenti del rivestimento del corpo del missile; questa seconda ipotesi era considerata più probabile, in considerazione delle diversità nella composizione delle leghe di alluminio utilizzate per la costruzione del DC9 rispetto a quelle dei frammenti.

Difficile è determinare la provenienza dei due frammenti. Essi sono entrambi costituiti da leghe di alluminio e si è quindi cercato di stabilire se essi provengano dal DC9 e, in tal caso, da quali parti dell'aereo.

Un importante lavoro in questa direzione fu svolto dal Collegio BLASI. IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO ne danno dettagliatamente conto nella relazione sui quesiti a chiarimenti (pag. 44 ss.).

Il RARDE effettuò una prima analisi comparativa, estraendo campioni da diverse parti in lega di alluminio dei reperti del DC9. La conclusione fu che non vi era corrispondenza completa tra la composizione chimica dei due frammenti e quella dei campioni; tuttavia, la composizione del frammento 6-4M corrispondeva ai dati di specifica della lega 2014, con alcune difformità, mentre il frammento 52-1M

---

<sup>51</sup> Si allegano le fotografie al microscopio dei due frammenti, che mostrano il primo i margini arrotondati (*rolled edges*) e il secondo *gas wash* e melting. Si allegano le fotografie tratte dalla relazione, fig. 1 e 2.

<sup>52</sup> Relazione citata, pag. 2. Il DRA osservava che anche il frammento 10-5M poteva presentare segnature caratteristiche dell'esposizione a un'esplosione.

rispondeva con qualche difformità ai dati di specifica della lega 7072 ed era prossimo a quelli della lega 7075.

Interpellata la Casa costruttrice, si aveva conferma della vicinanza del primo frammento alla lega 2014 (utilizzata per la costruzione dei primi esemplari del DC9) e del secondo alla lega 7075 placcata con la lega 7072 (nota della Mc Donnell Douglas in data 20 gennaio 1989).

Secondo la Douglas, la lega 2014 era impiegata nel rivestimento esterno (*skin*) e nello *spar cap* (parte del longherone) del piano di coda orizzontale. Tale elemento deve essere escluso come origine del frammento, sia perché recuperato e sottoposto a valutazione, sia perché la posizione del piano di coda è incompatibile con il rinvenimento del frammento all'interno della fusoliera. Sembra doversi concludere che il frammento esposto direttamente all'esplosione provenga dalla "pelle" dell'aereo e quindi da una zona certamente riparata da qualsiasi esplosione interna.

Va però detto che con nota successiva (del 16 marzo 1989), a seguito di una richiesta del Collegio peritale, la Douglas precisava che era possibile che la lega suddetta fosse stata occasionalmente usata in altre componenti dell'aereo, in sostituzione della lega 7075. La nota suddetta è fortemente dubitativa, nella versione originale<sup>53</sup> assai più di quanto non appaia nella sintesi riportata nella relazione a chiarimenti (pag. 47). Non fu possibile ottenere maggiori informazioni dalla Casa costruttrice che richiedeva, per poter ricostruire i percorsi di impiego delle diverse leghe, dettagliate descrizioni delle parti oggetto delle investigazioni; trattandosi di frammenti di piccole dimensioni tale ulteriore ricerca non ebbe seguito.

Le analisi metallografiche condotte sui frammenti 52-1M e 6-4M presso l'Università di Torino hanno confermato le anormali composizioni dell'alluminio, rispetto alle leghe utilizzate nel DC9, già rilevata dal RARDE.

La quasi totalità dei particolari strutturali del DC9 è costituito da leghe placcate. Nella perizia SANTINI viene indicata una rappresentazione della distribuzione di queste leghe che può trarre in inganno: Clad 7075 (solo particolari interni), Clad 2014 (particolari interni ed esterni) e Clad 2024 (particolari interni principalmente); è invece opportuno rifarsi alle indicazioni originali della Casa costruttrice, che non consentono equivoci tra "interno" ed "esterno": la lega 2024 è impiegata nel rivestimento (pelle, *skin*) delle ali, nella parte inferiore; la lega

---

<sup>53</sup> "If 2014 was used elsewhere on the accident aircraft, it would only have been used as a substitute for 7075 alloy, and only if there had been a temporary shortage of 7075".

7075 è usata nelle ordinate (*frames*) della fusoliera e nella pelle della superficie inferiore delle ali; la lega 2014 è impiegata per la pelle della fusoliera.

Il frammento 52-1M risulta costituito da lega 7072. La lega 7075, quando è impiegata per particolari interni al velivolo, è placcata con tale lega; quindi può esservi stato un errore da parte di coloro che effettuarono le indagini chimiche. Tale ipotesi fu già avanzata dalla Mc Donnell Douglas, quando fu chiesto conto delle diversità di composizione della lega del frammento, rispetto a quelle impiegate nella costruzione dell'aereo. Può quindi ritenersi che il frammento provenga da una *frames* e cioè da una componente strutturale dell'aereo che, posta all'"interno", non è definibile tale in relazione al quesito interno/esterno.

Per il frammento 6-4M il discorso è più chiaro. La composizione della lega di alluminio è parzialmente diversa da quelle utilizzate per la costruzione del DC9 ma assai vicina alla lega 2014, con minori concentrazioni di Cu e Mn. I Ct di parte imputata ipotizzano che si tratti delle leghe 2014 o 2024, la cui composizione si è modificata a causa di una mescolanza con leghe di placcatura, causata da effetti termomeccanici derivanti da un'esplosione. Dovrebbe escludersi la provenienza dalla lega 2024, perché impiegata nel rivestimento dell'ala. Di conseguenza, il frammento proviene dal rivestimento esterno della fusoliera, composto dalla lega 2014.

In conclusione, le due schegge risultano composte da leghe di alluminio di uso aeronautico, leggermente diverse da quelle impiegate ordinariamente per la struttura del DC9 ma entrambe assai simili a quelle impiegati nella costruzione della fusoliera.

A seguito di tali analisi, però, sono emersi gravi elementi di dubbio sulla provenienza dei frammenti su cui fu nel 1982 e poi nel 1988 individuata la presenza di fenomeni tipici dell'esposizione a un'esplosione. Infatti la scheggia indicata con 6-4M è in realtà un frammento, di dimensioni molto piccole, che si trovava custodito all'interno della busta indicata come 6-4M, insieme a tale ultimo reperto; il reperto su cui furono trovati i segni è stato quindi definito come 6-4M<sub>ii</sub> per distinguerlo dal più grande, divenuto 6-4M<sub>i</sub>. La composizione dei metalli dei due reperti è però del tutto differente, cosicché deve escludersi che il primo sia un frammento staccatosi per le più diverse cause dal più grande.

I due frammenti 6-4m furono sottoposti a indagini tecniche da parte del Collegio peritale metallografico - frattografico, al fine di accertare se il più piccolo fosse stato prelevato dal principale; gli accertamenti però conclusero negativamente (verbale operazioni peritali del 3 febbraio 1993).

Vicenda in parte uguale è quella del frammento 52-1M. Nella catalogazione originaria, effettuata dai laboratori dell'AMI, in realtà nella posizione 52-1M fu trovato un solo frammento, mentre nella busta con analogo indicazione consegnata al RARDE si trovavano due frammenti, su uno solo dei quali furono riscontrate le tracce di cui s'è detto.

Il fatto, di per sé, non sarebbe rilevante, giacché è plausibile che all'interno di uno stesso sacchetto si possano trovare anche più oggetti provenienti dal medesimo repertamento, come ha osservato il DRA. Nel caso di specie, tuttavia, si deve rilevare che alla diversità di indicazione di repertazione vi è anche la differente composizione dei frammenti metallici, che non consente di ritenere che essi provengano da un unico oggetto, frammentatosi in corso di repertazione.

In conclusione, i due reperti su cui vennero trovati dal RARDE segni inequivoci di esplosione non risultano essere stati regolarmente repertati nel 1982 in occasione delle operazioni condotte dai laboratori dell'AMI. Non è oggi possibile ricostruire in quale maniera e dove siano stati repertati e per quali vie siano stati inseriti nei plichi contenenti i reperti 6-4M e 52-1M.

#### I. 11. 4. DISCO METALLICO

Non è stato possibile accertare da quale reperto sia stato estratto un disco di metallo; esso fu rinvenuto all'interno di una valigia, tra quelle costituenti un gruppo di reperti (si tratta di sei bagagli, con i numeri 5, 8, 9, 10, 12, 13).

- Il disco era completamente coperto da prodotti di corrosione. Analizzato, risultò esser composto in una lega di ottone, probabilmente rame ad alta concentrazione o ottone "rosso" rivestito su di un lato da nichel con pellicola in oro. Su entrambe le facce fu osservata una rugosità superficiale, definita a "buccia d'arancia" (*orange peel effect*)<sup>54</sup>.

"La forza dell'esplosione su una parte della lamina deforma i granuli; i cristalli del metallo, cosicché essi si curvano verso l'esterno mentre la rete di delimitazione intorno ai granuli, che è apparentemente più forte, resiste in maniera migliore alla forza dell'esplosione"<sup>55</sup>.

<sup>54</sup> Cfr. relazione RARDE del novembre 1988. Il reperto è illustrato in allegato, Perizia SANTINI, VIII 5.

<sup>55</sup> Relazione DRA del 25 febbraio 1994.

Questa deformazione fu ritenuta dagli esperti del RARDE come attribuibile all'estrema vicinanza a una esplosione o all'impatto con una scheggia da esplosione. Nella relazione definitiva, tuttavia, il DRA (nuova denominazione dell'Ente britannico) attenuò questa conclusione, asserendo che le modificazioni morfologiche descritte non erano mai in precedenza state osservate nei loro laboratori, ma erano descritte in letteratura (in uno studio citato). Il frammento veniva quindi citato tra coloro che potevano fornire possibili indicazioni, ma non più tra quelli certamente probatori di un'esplosione (e cioè, nell'elencazione del DRA, i frammenti 6-4M e 52-1M; alcuni bagagli; il vestito di bambola; il panno scuro).

Vi sono state molte discussioni sia sulla provenienza dell'oggetto che sulla causa delle modificazioni microstrutturali rilevate.

Per il primo aspetto si è ipotizzato che potesse trattarsi di una componente di un orologio, ma si è efficacemente contrastata la congettura osservandosi che il disco non reca fori o altri indizi di un siffatto impiego. Si è anche valutata la possibilità che esso formasse parte di un ordigno e in particolare di un missile, testata o corpo. Anche di questa ipotesi, però, non è stato possibile individuare alcun elemento di conforto.

Il Collegio SANTINI ha poi condotto ulteriori ricerche sul fenomeno riscontrato sul disco, individuando altri riferimenti di letteratura scientifica e descrivendolo, quindi, con maggiore precisione, come una particolare segnatura, simile a un'ondulazione, denominata *rippling*. Essa è causata "dall'azione diretta di un'intensa onda d'urto che si sposta obliquamente rispetto a una superficie di non elevata durezza o da un impatto obliquo di un altro frammento, proveniente da -altra superficie, scagliato ad alta velocità da un fenomeno esplosivo"<sup>56</sup>.

E' dunque da attendersi, così come peraltro evidenziato in letteratura, che il fenomeno sia osservabile solo sulla parte dell'oggetto esposta all'onda o all'impatto.

Va in realtà rilevato che la modificazione microstrutturale è presente su entrambe le facce del disco e che di conseguenza esso non dovrebbe esser riconducibile a *rippling*.

Questa circostanza porta ad escludere l'oggetto da quelli rilevanti ai fini della decisione.

---

<sup>56</sup> Relazione peritale, VIII, pag. 19.

### I. 11. 5 GLOBULARIZZAZIONE FIBRE

La globularizzazione consiste nella presenza, sui bordi di fori e di lacerazioni di materiale costituito da fibre sintetiche, di estremità fuse e con una caratteristica forma, detta appunto globularizzazione, priva di bolle.

Essa è dovuta "a un effetto termico provocato o direttamente dall'esplosione o dall'attraversamento e conseguente tranciamento delle fibre del tessuto da parte di frammenti, generalmente metallici, originatisi al momento dell'esplosione stessa. In questo secondo caso, l'effetto termico può derivare sia dalle schegge stesse, di per sé ad elevata temperatura in quanto hanno assorbito energia termica dall'esplosione, sia da possibili scambi energetici, durante l'attraversamento del tessuto, fra scheggia e fibre del tessuto stesso.

In entrambi i casi, comunque, la globularizzazione di fibre di tessuto può avvenire solo se il reperto si trova sufficientemente vicino al punto dell'esplosione e della formazione di schegge. A maggiore distanza, infatti, risulta notevolmente attenuato l'effetto termico dell'esplosione e le schegge possono aver abbassato la temperatura ... e ridotto la loro iniziale velocità, in modo tale da non essere più in grado di generare fenomeni di globularizzazione sui lembi di tessuto strappato al loro passaggio"<sup>57</sup>.

Il fenomeno fu osservato sia dai laboratori dell'Aeronautica Militare che da quelli britannici (RARDE, poi RDA) su diversi oggetti. In alcuni casi, è certamente da escludersi che si tratti di globularizzazione in senso proprio, da ricondursi agli effetti secondari di un'esplosione.

- Così, è pacifico che la globularizzazione di fibre osservata dai Laboratori dell'Aeronautica sulle valigie 1 e 7 e su molte fodere di cuscini non siano in realtà da attribuirsi alla penetrazione di oggetti ad alta velocità.

Anche le globularizzazioni osservate sui tappeti non sono da ritenersi tipiche<sup>58</sup>. Sul punto il DRA, dopo un iniziale valutazione possibilistica ("pochi, forse nessuno, possibili fori provocati da velocità elevate" - agosto 1992), ha poi definitivamente chiarito che nessuna modificazione o inglobazione del tessuto era

<sup>57</sup> Relazione peritale VIII, pag. 15.

<sup>58</sup> Dalle figure allegate è possibile osservare lo stato dei tappeti, dopo il loro riposizionamento, e la localizzazione dei danni. Nella relazione DRA dell'agosto 1992, da cui le immagini sono state tratte, vi è un'accurata descrizione dei danni riportati dal tappeto, anche se le preliminari conclusioni sono state poi modificate nel senso che si è detto. Si allegano le fig. 3a e 3b del rapporto DRA dell'agosto 1992.

da attribuirsi a effetti diretti o indiretti di esplosione: "Non vi è prova diretta di esplosione sia nella cabina passeggeri che immediatamente sotto, nel portabagagli"<sup>59</sup>.

Gli sforzi maggiori del DRA sono stati concentrati su piccoli fori, dove le estremità delle fibre di tessuto sintetico sono state approfonditamente esaminate per verificare se vi fossero segni caratteristici di penetrazioni ad alta velocità. Furono poi esaminate accuratamente le tracce di bruciatura, per discriminare quelle provenienti da sigarette o simili da quelle eventualmente associabili a esplosione. Infine furono esaminati in profondità residui di materiale plastico inglobati nel tessuto e che potevano derivare dalla fusione di frammenti di plastica molto calda<sup>60</sup>.

In una relazione preliminare dell'agosto 1992, il DRA aveva infatti indicato che "l'esame preliminare degli ultimi tre pezzi di moquette ha rivelato delle tracce di materiali di plastica rosa e grigia dentro e sulla superficie della moquette. E' stato rinvenuto anche un pezzo di plastica solida rosa, rossa, fuso dentro la moquette. L'aspetto e l'adesione dei depositi indica un certo grado di fusione. Gli effetti di fusione di questo tipo sono stati collegati alla vicinanza di esplosivi da altri ricercatori".

Per questi ultimi la conclusione è che non vi sono indizi che essi siano stati cagionati da alte temperature e che invece sono da attribuirsi agli effetti di forti frizioni determinatesi al momento dell'impatto dell'aereo e del suo collasso.

Singolarmente il DRA esprime la conclusione nettamente negative delle ricerche di fibre globularizzate in maniera tipica e di altri indizi di penetrazione ad alta velocità o di esposizione a fonti di calore nella seguente maniera: "Questa conclusione è considerata rilevante e suggerisce che le nostre precedenti prove positive di esplosione debbano più verosimilmente essere state originate lontano dall'aerea dei tappeti".

Cioè, invece di affermare semplicemente che queste tracce non vi sono e che ci si era sbagliati nel precedente rapporto, si dice che l'esplosione è avvenuta altrove!

Diverso è il caso delle valigie (2, 3, 5, 8 e 9). Qui il DRA confermò l'individuazione, già operata dai Laboratori dell'Aeronautica Militare, di fibre globularizzate, in qualche caso numerose, concentrate intorno a piccoli fori

<sup>59</sup> Relazione DRA del 24 novembre 1993.

<sup>60</sup> Le intrusioni sono ben evidenziate nella documentazione fotografica allegata, tratta dal rapporto DRA dell'agosto 1992 - fig. 1 e 2.

Nella relazione riepilogativa sugli elementi raccolti, il DRA indicava nella globularizzazione delle fibre negli orli di piccoli fori nei bagagli una prova positiva a favore di un'esplosione, asserendo che l'effetto di globularizzazione era ben documentato e tale da indicare che frammenti ad alta velocità avevano prodotto i fori e che essi, a loro volta, derivavano da un'esplosione.

Fibre globularizzate furono osservate dal DRA anche nelle coperture dei cuscini 5, 6, 22, 31 e 43. In nessuno degli oggetti (valigie o cuscini) citati furono però individuate le schegge che potessero aver provocato, con l'attraversamento ad alta velocità delle fibre, la globularizzazione delle estremità; fanno eccezione il disco, del quale però deve escludersi che presenti effettivamente segni microstrutturali di esposizione ad esplosione e che possa essere posto in relazione con specifici fori, e la scheggia 6-4M, trovata appunto nel cuscino 6, in posizione 4.

Rilevano però i Periti del Collegio SANTINI che nella posizione 4, insieme alla scheggia citata, vi sono altre 18 intrusioni di tutt'altra origine (si tratta infatti di frammenti di plastica o stoffa) e che non vi è corrispondenza tra il punto ove sono rilevate le fibre globularizzate e il tramite della scheggia 6-4M.

Da tale ricostruzione i Periti traggono elementi ulteriori, rispetto a quelli già evidenziati, per escludere che la scheggia 6-4M (o meglio la 6-4Mii) possa esser utilizzata come prova di un evento esplosivo. Analoghe conclusioni traggono per la globularizzazione delle fibre sul cuscino 6, non correlabili ad oggetti che siano penetrati nel reperto ad alta velocità.

In conclusione, il Collegio peritale non trova alcuna correlazione tra le fibre globularizzate e oggetti che possano averle prodotte; più in generale, osservano che la diffusione del fenomeno in oggetti siti in luoghi diversi dell'aereo presupporrebbe una diffusione ed entità dell'evento che le potrebbe aver cagionato, tale da dover essere macroscopicamente osservato nella cabina e nei vani bagagli, ove invece non è possibile riscontrare alcuna traccia di esplosione.

Le fibre globularizzate che i laboratori dell'AMI e il DRA (RARDE) hanno ritenuto certamente cagionate dall'esposizione a prodotti dell'esplosione (e quindi pur escludendo i reperti dubbi) provengono infatti da oggetti che si trovavano, all'interno del DC9, in posizioni tra loro incompatibili.

Non è immaginabile che si sia prodotta un'esplosione che abbia lasciato sostanzialmente intatta la cabina e i bagagliai e tutto quanto (cose e persone) vi

erano contenuti, proiettando però schegge arroventate sia sui bagagli a mano che su quelli custoditi negli appositi vani, sia, infine, sui cuscini dei sedili.

Si tratta allora di comprendere come possano essersi verificate le modificazioni delle fibre che si sono innanzi esposte e che sono così simili a quelle tipicamente causate dagli effetti indiretti di un'esplosione.

Il Collegio SANTINI ha condotto autonomi accertamenti, ipotizzando che anche eventi traumatici diversi dall'esplosione possano determinare modificazioni nelle estremità delle fibre, in qualche modo assimilabili a quelle osservate. Sono state quindi condotte comparazioni su fibre sottoposte ad azioni violente, diverse dall'esplosione (separazione da strappo).

Secondo i Periti, sui margini dei tessuti così trattati è possibile riscontrare alterazioni delle fibre più prossime a quelle osservate sui margini di strappi presenti nei reperti, rispetto alle alterazioni tipicamente osservabili sulle fibre in caso di esplosione<sup>61</sup>.

Sulla possibilità di attribuire le particolari globularizzazioni rilevate nel tessuto dei cuscini a un'azione meccanica di strappo e non all'effetto termico di penetrazione di schegge ad alta velocità concorda anche il Collegio esplosivistico<sup>62</sup>.

La possibilità era stata discussa anche dal DRA, il quale, nel segnalare che la globularizzazione poteva essere in generale attribuita anche ad altre cause e che quindi era necessaria un'attenta valutazione, indicava che si era osservato l'effetto di globularizzazione anche come prodotto a velocità inferiori a quelle caratteristiche di un evento esplosivo, ma che in questi casi "qualsiasi frammento espulso, formatosi in queste maniere, è sempre grande".

Significativo delle particolari caratteristiche della globularizzazione delle fibre derivante dalla penetrazione di oggetti ad alta velocità derivanti da esplosione, rispetto ad altri casi analoghi, è l'indagine sul reperto n. 1395. Si tratta di un pezzo di stoffa (poi risultato composto da tre diversi pezzi) che fu sottoposto ad analisi presso il DRA (ex RARDE) nel 1993, nonché da parte del Collegio chimico; nel

---

<sup>61</sup> Si osservino le globularizzazioni presenti sull'estremità delle fibre nella figura 1 [VIII-1] tratta dalla perizia SANTINI e che rappresenta una tipica globularizzazione secondo il manuale ICAO; le globularizzazioni di figura 2 sono quelle ritenute probanti dal DRA come indizio di esplosione [fig. VIII-2] mentre quelle di figura 3 rappresentano globularizzazioni da strappo, certamente non riconducibili ad esplosione [fig. VIII-3].

<sup>62</sup> Espressamente, nota del 2 settembre 1994.

tessuto erano rimasti intrappolati due frammenti di metallo corrosivo. Il reperto (originariamente classificato JMW87) risultò, nel momento in cui fu aperto durante le prime indagini del DRA, costituito da sottoreperti, denominati JMW117, JMW118, JMW119. Nell'ultimo reperto fu trovato un terzo frammento metallico di forma irregolare, fortemente corrosivo<sup>63</sup>, che fu originariamente lasciato in sede perché la localizzazione stessa, "la forma e l'apparenza" facessero ritenere probabile che fossero stati coinvolti in una esplosione.

In seguito, rimosso ed esaminato dal Collegio al microscopio elettronico a scansione il terzo reperto metallico è risultato corrispondere nelle parti lucide a lega inossidabile Fe-Cr, mentre nelle zone rossastre si è individuata un'ossidazione del materiale con formazione di solfuri. Gli altri due frammenti furono inoltre comparati dal DRA con il metallo di varie componenti dell'aereo e degli arredi, e in particolare della toilette (lavello, tubo di scarico), giacché si ipotizzava che le lamiere insieme alle quali il reperto era stato trovato potessero provenire dalla toilette, ove si ipotizzava l'esplosione. La comparazione aveva esito negativo. Il DRA notava che la composizione di uno dei frammenti era "abbastanza vicina" a quella di una fascetta metallica, ma sottolineava che "ancora più importante è il fatto che nessun frammento proviene dal lavello o dal tubo di scarico".

Inoltre l'esame "dettagliato non ha mostrato prova alcuna di segni esplosione sotto forma di *gas wash* o formazione di crateri [*cratering*]".

Sul tessuto furono individuate fibre globularizzate, ma distribuite casualmente e su entrambe le facce dell'oggetto; fibre globularizzate poterono esser osservate anche intorno a uno dei fori rilevabili nel reperto. Il Collegio peritale chimico ha ritenuto che le deformazioni delle fibre fossero compatibili con l'esposizione del reperto a fonti di calore e a frammenti incandescenti; ha giustificato il numero relativamente modesto delle fibre globularizzate con la manipolazione patita dal panno dopo il recupero, che avrebbe determinato il distacco di altre fibre. Ha notato però anche che, asportato il frammento metallico rimasto in sede (e cioè uno degli oggetti cui sarebbe stato da attribuirsi l'effetto di globularizzazione) "non si è rilevato alcunché che potesse essere riferito a fenomeni di surriscaldamento della parte (ad esempio fibre globularizzate o fuse dal calore eventualmente trasportato dal frammento metallico).

Il DRA, invece, ritenne che le caratteristiche della globularizzazione fossero differenti da quelle in precedenza osservate e che anche la diffusione su zone diverse del panno fosse incompatibile con la globularizzazione derivante da

<sup>63</sup> Fotografia tratta da Perizia Chimica Lopez - All. 18.

esplosione; si osservò, ancora, che i frammenti metallici inclusi nel panno non recavano tracce (modificazioni morfologiche o microstrutturali) di diretta esposizione a fonti di calore. Furono quindi effettuate prove, di sparo con strumento ad aria compressa e di esposizione a raggi laser e di esposizione a sorgenti di calore, al fine di accertare se la penetrazione di oggetti non proiettati da un evento esplosivo potesse causare la globularizzazione delle fibre e per sondare l'ipotesi di forme di "riscaldamento transitorio"<sup>64</sup>. Fu inoltre condotta una comparazione con gli elementi noti circa le caratteristiche di deformazione delle fibre dei tessuti sintetici nei diversi casi (taglio, strappo, esposizione a quantità di calore e per tempi e con modalità differenti) al fine di valutarne analogie e differenze. Un importante spunto comparativo fu offerto da una borsa repertata in occasione della perdita di un aereo Air Lauda nel 1991, incendiatosi in volo.

Il DRA rilevava nel tessuto riferibile al DC9 che:

1. le estremità del tessuto sembrano aver subito uno strappo
2. i fori erano pochi e non presentavano danni da eccesso di calore
3. le fibre colpite da calore erano distribuite in zone del tessuto su tutti e due i lati, apparentemente in modo casuale, e la struttura del tessuto rimaneva invariata
4. le uniche fibre colpite sono state quelle sporgenti
5. sono stati colpiti nodi e fibre singole
6. la geometria delle estremità delle fibre colpite non è differente da quelle osservate nella cucitura della borsa JVC dell'Air Lauda.

Una considerazione delle osservazioni sopra indicate e il paragone con i risultati dell'aereo dell'Air Lauda suggerisce che il materiale nero è stato sottoposto a una fofata [gust] ad alta velocità di aria calda o di fiamma oppure che una vampata di calore radiante lo abbia attraversato. La distribuzione casuale dei pezzi [random patches] con fibre globularizzate su entrambe i lati suggerisce la presenza di una tenda e che la radiazione o il calore abbiano attraversato la superficie del materiale con un angolo radente [at a grazing angle]. Il materiale penzolava in spire [The material appeared to have been hanging in folds]. Le parti inferiori erano quindi protette mentre quelle superiori sono state danneggiate [The "valley" bottoms were therefore protected whilst the "hill crests" received the damage].

..... Si può quindi concludere che le caratteristiche delle fibre con margini globulari del tessuto nero sono compatibili con una vampata [lett. lampo di irradiazione - flash of radiation] di breve durata e ad alta energia [a short duration, high energy flash] con un flusso attenuato".

---

<sup>64</sup> Relazione preliminare DRA del 9 luglio 1993.

Va però osservato che il Collegio chimico ha escluso che il materiale da cui è composto il pezzo di tessuto provenga da quello usato per gli arredi del DC9, cosicché anche l'ipotesi che esso facesse parte di una delle tende dell'aereo, come suggerisce il DRA, non può essere accettata.

Il DRA conclude, ragionevolmente, che "mentre non possiamo affermare che i risultati e i ragionamenti di cui sopra siano in alcun modo prova, di per se stessi [in themselves], che il tessuto nero fosse in prossimità di un'esplosione [in proximity to an explosion], essi sono molto interessanti e utili nel contesto di altri elementi già scoperti nel corso della ricerca"<sup>65</sup>.

Il panno verde costituisce, insomma, un elemento non facilmente comprensibile: il Collegio chimico lo ritiene indicativo dell'esposizione a sorgente di calore; il DRA giunge a conclusioni incerte; il Collegio SANTINI lo esclude dal novero dei reperti utilizzabili come prova.

#### I. 11. 6. VESTITO DI BAMBOLA

Tra i rottami della cabina di pilotaggio fu, nel corso delle prime operazioni di recupero, ritrovato anche il vestito di una bambola. Che esso potesse trovarsi in tale zona (parte anteriore della fusoliera) era ragionevole, anche in considerazione che almeno una bambina era sicuramente seduta nella prima fila, ove era stata fatta sedere dagli assistenti di volo prima del decollo, non essendo accompagnata da adulti.

Nel rapporto RARDE del novembre 1988, costituente allegato alla Perizia BLASI, si afferma che il vestitino<sup>66</sup> "presenta parecchie connotazioni d'interesse .. La manica sinistra presenta due piccoli fori nella stoffa. L'esame di queste due zone in SEM (microscopio elettronico a scansione) mostra che i tagli erano entrambi prodotti dal passaggio di un frammento ad alta velocità derivante da esplosione, come indicato dalla presenza di estremità della fibra rigonfie abbastanza tipiche ... Pieghando il vestitino in vari modi si giunge alla conclusione che i due tagli possano essere stati prodotti da un solo frammento. C'è un'altra area di danneggiamento nella manica destra. Le zone vicine alle estremità della manica destra erano rigide e apparivano essere state fuse. Comunque un esame accurato dimostrò la presenza di un altro materiale applicato alla stoffa del vestito e avente

<sup>65</sup> Le citazioni sono tratte dalla relazione del DRA del 24 novembre 1993 e dalla relazione di Perizia chimica. In qualche caso, segnalato con l'inserimento dei termini inglesi, si è proposta una traduzione diversa da quella in atti e che si ritiene più aderente al testo originario.

<sup>66</sup> Si allega la fotografia del vestitino.

l'impronta di un filo attorcigliato e intrecciato simile a quello visto nell'oggetto di abbigliamento n. 24/2.

L'esame al microscopio rivelò che le tracce si estendevano alla zona adiacente ma erano separate da una piega profonda. Questa seconda zona si presentava con un colore rosa o rosso che è visibile nella figura. L'esame SEM mostrò che questo colore rosso fu causato da una seconda e più finemente tessuta stoffa che era incastrata nella stoffa del vestito. Ancora un'altra zona di colore rosso fu scoperta accanto e questa conteneva una massa fusa di materiale fibroso. Questo effetto è stato in precedenza documentato come indicativo della forza di un'esplosione".

Quest'ultimo elemento veniva ritenuto particolarmente rilevante, perché indicativo di una forte vicinanza all'esplosione, in quanto le fibre di tessuto non possono percorrere elevate distanze ad alta velocità, a causa della loro bassa densità.

Di diverso avviso era però il Collegio SANTINI, giacché nella relazione definitiva si segnalava come le intrusioni di materiale rosso avessero in realtà le medesime caratteristiche di quelle riscontrate sui tappeti, in un primo momento ritenute significative tracce di esplosione e poi definitivamente escluse dal novero degli elementi rilevanti, con l'ultima relazione del DRA sui tappeti.

Nessuna plausibile spiegazione veniva offerta invece dal Collegio SANTINI per i fori, recanti tracce di globularizzazione nelle fibre circostanti.

Le notazioni critiche del Collegio peritale sono fermamente contrastate dal DRA (ex RARDE) che in un rapporto riepilogativo afferma che i due piccoli fori con fibre globularizzate e le intrusioni di tessuto possono essere frutto esclusivamente di un'esplosione.

Replicando a osservazioni critiche dei Consulenti di parte sulla trattazione di tale questione nella relazione peritale, CASAROSA ed HELD affermavano seccamente che "voler attribuire alcuni piccoli strappi sulle maniche a passaggio di schegge provenienti da esplosioni, non importa se interne o esterne, significa ... assoluta mancanza di senso critico". A parere dei due Periti, infatti, le caratteristiche dei segni di bruciatura sul vestito erano assai più vicini a quelli causati dal contatto con un filo incandescente.

Tali alterazioni, infatti, vengono ricollegate all'individuazione del fenomeno, già ricordato, dell'esposizione a fonte di calore di una etichetta e soprattutto di un pacco di schede doganali. Quest'ultimo, secondo l'Università di Pisa<sup>67</sup>,

---

<sup>67</sup> "Analisi chimiche e chimico fisiche volte a stabilire se su alcuni campioni prelevati sul relitto del velivolo I - TIGI precipitato a Ustica si siano verificati processi di surriscaldamento e/o parziale

presentava un solco annerito, circondato da un alone di colore arancione ed è risultato esser venuto a contatto con materiale incandescente o riscaldato ad alta temperatura, che ha lasciato tracce di incipiente combustione.

Esse, dunque, devono trovare una spiegazione comune con le tracce di bruciatura riscontrate sul pacco dei documenti doganali (anch'esso ragionevolmente custodito nella parte anteriore del velivolo) e cioè il contatto durante la caduta dell'aereo con i cavi della centralina elettrica o con gli scaldavivande del *Galley*<sup>68</sup>.

Nessun aiuto specifico viene in questo caso dal Collegio esplosivistico, che si è limitato a rilevare che la localizzazione del vestito nella parte anteriore della fusoliera è in contrasto con la mancanza assoluta delle tracce di un siffatto evento nella cabina<sup>69</sup>.

Per rendere compatibile i segni di esposizione ad esplosione con la collocazione di un ordigno nella toilette si è ipotizzato che il vestito potesse esser stato trascinato nel punto di rinvenimento da cavi<sup>70</sup>. Per la verità non si è riusciti a comprendere quale fosse il riferimento a partire dal quale il DRA ha affermato questa possibilità. Se ci si intendeva riferire ai cavi utilizzati per il recupero, l'ipotesi è certamente da escludere, giacché le zone interessate (espulsione dei frammenti nella prima fase del collasso del velivolo - impatto della parte anteriore della fusoliera) sono assai lontane. Se ci si riferiva invece a cavi interni all'aereo, la spiegazione è ancora meno comprensibile.

In conclusione, il Collegio SANTINI ritiene che non sia possibile trovare una spiegazione convincente dei danni riscontrati sul vestito di bambola.

E pur tuttavia, essi appaiono a questo Ufficio fortemente indicativi di un'esplosione, che ha proiettato frammenti incandescenti.

#### I. 11. 7. TRACCE DI ESPLOSIVO

Le prime indagini alla ricerca di esplosivi furono condotte nel 1981/82 dai Laboratori dell'Aeronautica Militare su molti reperti.

Furono esaminate, tra questi, anche alcune valigie e su di esse furono rinvenute tracce di esplosivo.

---

combustione", Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa, relazione a firma dei Prof. Giuseppe BRACA ed Enzo BENEDETTI, depositata il 9 ottobre 1991

<sup>68</sup> Nota in data 9 giugno 1995 dei Periti CASAROSA ed HELD.

<sup>69</sup> Relazione in data 14 aprile 1994.

<sup>70</sup> Relazione DRA del 25 febbraio 1994.

Queste indagini chimiche furono espletate con metodi non particolarmente sofisticati (TLC cromatografia su strato sottile) e HPLC (cromatografia in fase liquida ad alta pressione); non risulta, come si dirà meglio appresso, che nelle fasi di raccolta e di estrazione dei reperti siano state seguite particolari cautele, atte a impedire o a limitare fenomeni di contaminazione da ambiente.

In seguito altre indagini chimiche furono condotte dai Prof. ACAMPORA e MALORNO nel contesto della Perizia BLASI.

Solo di un gancio, di cui si dirà lungamente appresso, furono rilevati piccoli quantitativi di esplosivo, questa volta TNT e T4 e quindi in composizione diversa da quella individuata in precedenza.

Un Collegio chimico, nominato nella presente fase dell'istruzione formale, ha riesaminato le valigie sulle quali i laboratori dell'AMI avevano individuato la presenza di solo T4<sup>71</sup>. E' stata riscontrata la presenza di tracce di esplosivo sui colli n. 11 e 14 (presumibilmente bagagli a mano), ma in composizione TNT e T4 (analogia, cioè a quella del gancio). Tale diversa conclusione deve essere attribuita ai più sofisticati metodi di ricerca (gas - cromatografia - spettrografia di massa) che si è potuto utilizzare, rispetto a quelli di cui disponevano nel 1982 i laboratori dell'Aeronautica Militare<sup>72</sup>.

<sup>71</sup> I laboratori dell'AMI individuarono la presenza esclusivamente di T4. Dall'assenza del TNT, sostanza utilizzata in unione al T4 per gli esplosivi militari, i tecnici dell'Aeronautica conclusero per la presenza di un ordigno non di provenienza militare. Tale conclusione era già inaccettabile sul piano logico; essa si è anche rivelata errata in fatto, a causa delle metodiche di analisi utilizzate. Il ragionamento opposto, consistente nel far derivare dalla composizione dell'esplosivo la provenienza da un ordigno militare, peraltro, non è sostenibile per le medesime ragioni, come meglio si vedrà appresso.

<sup>72</sup> Cfr. Relazione di chiarimenti a perizia dei periti chimici Antonio ACAMPORA e Antonio MALORNI del 18 aprile 1991 secondo cui gli accertamenti compiuti dai laboratori dell'Aeronautica Militare vennero effettuati estraendo i reperti con etere etilico e analizzando gli estratti mediante TLC; al metodo seguito si attribuisce una sensibilità per il TNT che, nelle Migliori delle condizioni, è circa 10 volte inferiore a quella del T4. Aggiungono che, considerata la differenza dei metodi impiegati, "risulta verosimile che negli estratti in cui i Laboratori dell'Aeronautica Militare hanno individuato la presenza di T4 fossero presenti anche quantità di TNT, ma inferiori al limite di rivelabilità del metodo impiegato". Il Consulente esplosivistico di parte civile ITAVIA ha duramente contestato il fatto che i laboratori dell'Aeronautica abbiano immotivatamente modificato parti essenziali delle loro valutazioni; infatti, in un primo appunto predisposto dal Col. Andrea TORRI (che poi sarebbe divenuto Consulente degli imputati!) datato 4 aprile 1981 si affermava che "è stato eseguito un esame a vista su alcune borse e valigie .. la possibilità che contenessero esplosivo è da escludersi anche perché sulle superfici non appaiono segni di bruciature o riscaldamenti caratteristici in caso di esplosione. Per questo stesso motivo si deve supporre che i reperti non dovessero essere nelle vicinanze di una massa d'esplosivo al momento della reazione"; nella relazione del 5 ottobre 1982 invece si attestano bruciature e fusioni

Il complesso di queste indagini ha formato oggetto di critiche contrastanti. Il Collegio peritale SANTINI ha finito per considerarle non decisive ai fini della risposta al quesito fondamentale (sulle cause del disastro), in considerazione sia del quantitativo infinitesimale di residui incombusti individuato, sia della possibilità che vi fossero state contaminazione d'ambiente.

L'origine delle perplessità del Collegio è, con ogni probabilità, da ricercarsi nell'incompatibilità delle tracce rinvenute con l'ipotesi di localizzazione dell'ordigno da ultimo accettata. Si tratta di un modo di argomentare ineccepibile, giacché di fronte a elementi logicamente contrastanti si cerca di individuare le ragioni che possono portare a escludere uno degli elementi inconciliabili. Non è detto però che il criterio logico, in astratto corretto, sia stato adeguatamente applicato nel caso concreto.

Che la localizzazione delle tracce in bagagli e in uno schienale sia inconciliabile con un ordigno posto nel vano toilette è indubbio. Sul punto si tornerà in seguito, giacché dovrà necessariamente esporsi, come premessa logica, l'ipotesi di localizzazione su indicata. Si affronteranno qui, invece, le osservazioni di metodo circa l'attendibilità dei risultati delle indagini chimiche.

Un primo ordine di critiche è quello venuto dai Consulenti tecnici di parte civile ITAVIA. Sin dall'11 marzo 1991 essi posero in rilievo alcune anomalie verificatesi nel corso dei primissimi accertamenti tecnici.

X Si è già osservato nel corso dell'istruttoria formale (si vedano le requisitorie interlocutorie del 14 maggio 1991<sup>73</sup>) che è davvero inconcepibile che coloro -

---

sugli stessi reperti. Nella relazione a firma ODDONI infatti si scrive: "i sette bagagli per i quali l'esame ha dato esito positivo (alla ricerca di tracce di esplosivo) presentano tutti un involucro in materiale plastico rinforzato internamente da un tessuto in fibra sintetica. E' appunto in corrispondenza di fori e lacerazioni che interessano il rinforzo che sono state rilevate estremità di fibre fuse e globularizzate".

<sup>73</sup> A proposito, infatti, delle posizioni dei Consulenti tecnici DI NATALE e TORRI, si osservava: "Con riferimento alle osservazioni della parte civile ITAVIA in data 20 marzo 1991 va rilevato che effettivamente il consulente tecnico Salvatore DI NATALE, nominato da alcuni degli imputati, è stato escusso in qualità di testimone della Commissione Parlamentare d'Inchiesta come innanzi osservato - mentre l'ing. TORRI, anch'egli C.T., svolse accertamenti tecnici per conto degli inquirenti. Si tratta dunque di valutare se tali circostanze integrino l'ipotesi di incompatibilità prevista dall'art. 323, 3° comma, c.p.p. abr., per relazione all'art. 315, n. 2, c.p.p. abr. Non sembra che possa costituire causa di incompatibilità il fatto che DI NATALE e TORRI abbiano espresso il proprio giudizio, redigendo per conto del collegio peritale in precedente atto istruttorio o per conto di altra Autorità relazioni di carattere tecnico. Infatti le cause di incompatibilità sono tassative e la giurisprudenza ha affermato che tal genere di circostanze può solo essere valutato dal giudice per

pubblici dipendenti addetti ai Laboratori dell'Aeronautica Militare - che prestarono la propria opera quali tecnici al servizio delle Autorità amministrative (e di riflesso dell'Autorità Giudiziaria, ma non con nomina a periti o ad ausiliari di periti) siano poi divenuti Consulenti degli imputati. Si è ritenuto anche che l'ordinamento processuale non preveda strumenti tipici per ovviare a questa grave violazione di doveri di lealtà del pubblico dipendente, che si riflette sul delicato incarico di Consulente di parte. E' infatti stata prevista dal legislatore la situazione opposta, a tutela dei diritti dell'imputato, e cioè il divieto di assumere quale testimone chi abbia prestato la propria opera quale Consulente; ma non il divieto per chi abbia avuto diretta parte nelle vicende sostanziali o processuali di assumere la veste di Consulente, a meno che non abbia già assunto quella di testimone (di fatto e non solo in potenza).

Non è stato, dunque, possibile reagire alla nomina a Consulenti di alcuni imputati di tecnici dell'Aeronautica che avevano condotto i primi accertamenti sui bagagli per conto della Commissione nominata dal Ministro dei Trasporti.

---

la nomina o la sostituzione del perito. Del tutto diversa - è - ovviamente la situazione del C.T., rispetto al quale non si instaura un rapporto fiduciario con il giudice, il quale non ha di conseguenza potere di nomina o sostituzione; cosicché di quelle che la giurisprudenza definisce "ragioni di sospetto" dovrà tenersi conto nella valutazione del contributo del C.T., ma nulla di più. Diversa è, invece, la posizione del solo DI NATALE in relazione all'assunzione della testimonianza formale da parte della Commissione d'Inchiesta in data 20.12.1989. L'esame verteva su fatti oggetto del presente procedimento e non sulle sole conoscenze tecniche del DI NATALE (modalità di ricezione e custodia dei nastri; tempi e modalità delle letture degli stessi; nastri custoditi nella busta recante l'indicazione "DI NATALE"). L'unica questione interpretativa è costituita dal fatto che l'art. 315, comma 1, n. 2, c.p.p. abr. usi l'espressione "medesimo procedimento". Non vi è dubbio però che si debba far riferimento al procedimento in senso sostanziale, stante gli interessi tutelati dalla norma, identificabili nella prevenzione di contrasti con il dovere di testimoniare e con il conseguente obbligo di riferire il vero. Altrettanto indubbio è che il legislatore, tra i due interessi confliggenti (quello all'accertamento della verità e quello dell'assistenza tecnica all'imputato) abbia privilegiato il primo. E' infatti l'incarico di C.T. ad essere incompatibile con la veste di testimone e non viceversa; tant'è vero che l'art. 351 c.p.p. abr. vieta l'assunzione della testimonianza del C.T., solo limitatamente ai fatti che furono loro confidati o da loro conosciuti per ragione del proprio ufficio, con salvezza dunque degli altri, pervenuti a loro conoscenza per ragioni diverse come nel caso di specie. D'altra parte, per quanto innanzi detto, l'assunzione della deposizione del DI NATALE sul plico e sul suo contenuto e sulle modalità della lettura dei nastri, è necessaria nel presente procedimento, cosicché il DI NATALE viene chiamato all'ufficio di testimone. Né si venga a dire che in tale maniera si danneggiano i diritti della difesa, giacché a tale decisione si è costretti dalla grave scorrettezza costituita dalla nomina in qualità dei c.t. di persona che tanta parte ebbe nello sviluppo dei fatti per cui si procede, situazione che dovrebbe essere stata nota a chi nominò il predetto. Si chiede pertanto che si proceda ex art. 323, 3° comma, c.p.p. abr. per il solo DI NATALE." (cit. dalle richieste in data 14 maggio 1991.

Tale situazione impone però di esaminare con grande cautela quei risultati. Cautela che sarebbe comunque imposta dalla singolare modificazione del tenore delle relazioni interne, senza che se ne desse contezza, oltre che da quanto si è detto a proposito delle schegge, importantissime, 6-4M e 52-1M.

X Nella relazione in data 4 aprile 1981 il ten. Col. Andrea Torri (poi Consulente di parte) osserva innanzitutto che i reperti (borse e valigie) non presentavano tracce di esposizione a un'esplosione; ma soprattutto che "l'esame, sia pure sommario dei reperti esclude la possibilità di eseguire su di essi determinazioni di tracce di esplosivi o derivati della reazione esplosiva".

Di conseguenza, la DLAM comunicava che si escludeva la possibilità di eseguire indagini sui bagagli per la ricerca delle tracce suddette<sup>74</sup>.

Il 5 ottobre 1992, però, nella relazione definitiva si affermava che "a) le caratteristiche morfologiche rilevate sui reperti ..... provano che c'è stata detonazione di un ordigno esplosivo b) gli indizi più evidenti sono stati rilevati sugli involucri dei bagagli a reperto". Tale asserzione derivava dalle conclusioni delle analisi del ten. Col. TORRI, la cui relazione veniva allegata.

Non v'è dubbio, comunque, che le analisi dei Laboratori dell'Aeronautica non siano particolarmente attendibili e ciò a prescindere dalle osservazioni sulla non terzietà degli operatori. Furono infatti utilizzate, come s'è detto, le metodiche che allora erano disponibili nei predetti Laboratori e che non erano idonee ad evidenziare con sufficiente grado di discriminazione tracce dei diversi tipi di esplosivo.

- Osservava in proposito il DRA:

"I metodi TLC<sup>75</sup> descritti [nel rapporto datato 13 aprile 1981 dell'Aeronautica Militare italiana] sembrano essere tecnicamente validi. In due casi i rilevamenti iniziali di RDX (T4) con l'uso di una miscela dietilica/etere petrolio come eluente sono stati confermati con l'uso di un secondo eluente, benzene / acetone .... In un caso il risultato è stato ulteriormente confermato con l'uso di un HPLC<sup>76</sup> a fase normale con rilevamento a UV. .... L'uso del rilevamento a UV, che non è selettivo per gli esplosivi, riduce il valore della conferma con l'HPLC, specialmente dal momento che la pre-separazione al TLC avrebbe selezionato delle sostanze con tempi di ritenzione HPLC simili all'RDX."

<sup>74</sup> 2ª relazione preliminare del 16 luglio 1981 della Direzione Laboratori Aeronautica Militare.

<sup>75</sup> TLC: cromatografia su strato sottile.

<sup>76</sup> HPLC: cromatografia in fase liquida ad alta pressione.

Riteniamo che l'identificazione dell'RDX sia stata sufficientemente affidabile, ma non assolutamente certa"<sup>77</sup>.

Notazioni critiche sono state rivolte anche alle indagini condotte dal laboratorio del CNR (prof.ri ACAMPORA e MALORNO) che, a sua volta, esaminò un gran numero di frammenti, rinvenendo tracce di TNT e T4 su di un gancio estratto da uno schienale.

Sono state effettuate indagini chimiche accuratissime intorno a questo gancio. L'Università di Firenze ha infatti analizzato, con sofisticate modalità, la parte dello schienale ove era infisso il gancio, sia per la ricerca di quantitativi di esplosivo, sia per verificare la composizione delle vernici. Non sono state individuate tracce di esplosivo, mentre è da escludersi che le vernici possano aver contenuto sostanze che in qualche modo abbiano interferito con i risultati delle analisi del CNR.

In proposito il Collegio SANTINI ha osservato che "a causa della posizione occupata dal gancio sul velivolo, è estremamente poco probabile, per non dire impossibile, che particelle di esplosivo incombusto abbiano potuto raggiungere il gancio stesso sia nel caso di esplosione interna che in quello di esplosione esterna, senza peraltro lasciare traccia nelle zone adiacenti".

Il gancio fu prelevato dallo schienale n. 16 rosso; non sono stati rinvenuti segni di penetrazione di oggetti ad alta velocità su detta zona. Va però rilevato che al gancio era attaccato un pezzo di tessuto che, esaminato dal RARDE, presentò effetti di globularizzazione su alcune fibre<sup>78</sup>. Questa circostanza non è valutata dal Collegio SANTINI. Essa è esaminata in maniera incidentale dal Collegio esplosivistico, che si limita a rilevare che le "evidenze costituite da bruciature e globularizzazione di fibre di pezzi di tessuto non trovano riscontro con i danni ben più estesi che si sarebbero dovuti trovare nell'aereo in conseguenza dell'esplosione di un ordigno di potenzialità tale da provocare l'abbattimento del medesimo" (pag. 11/5). Questa conclusione è indimostrata. Va invece valutato che lo stesso RARDE sottolineò che la fusione e globularizzazione delle fibre non

<sup>77</sup> Relazione DRA dell'agosto 1992 "Rapporto su ulteriori esami dei pezzi di moquette provenienti dal DC9 ITAVIA, del relais e revisione delle analisi di tracce di esplosivo".

<sup>78</sup> Relazione RARDE del novembre 1988: "Durante l'esame dello schienale 16 (gancio di chiusura del sedile) fu notato che la cucitura rossa sulla cinghia nera attaccata al gancio era apparentemente stata tagliata. L'esame ad alto ingrandimento mostrava che i bordi delle fibre tagliate si erano gonfiati. Un ulteriore esame SEM confermò che le fibre si erano fuse insieme o globularizzate, sebbene non nella forma classica. Le fibre erano di natura sintetica, artificiali ... Fu concluso che un frammento, mosso velocemente dall'esplosione, spezzò la cucitura in questo punto".

avvenne "nella forma classica". Si tornerebbe quindi alla questione della possibile produzione, con meccanismi diversi dalla penetrazione ad alta velocità, di fibre con globularizzazione assimilabile a quella tipica.

Il Collegio peritale ha quindi concluso per la possibilità che il rinvenimento di tracce di esplosivo sul gancio nel 1982/86 sia stato dovuto a contaminazione dall'ambiente. In caso contrario, tracce di esplosivo avrebbero dovuto essere trovate anche nelle zone circostanti al gancio. Questa conclusione non è esposta in termini di certezza, in considerazione del tempo trascorso al momento della seconda analisi.

Osserva infatti il DRA che "Il rapporto non fornisce alcun particolare di prove di controllo o a vuoto che sono necessarie per escludere la possibilità di contaminazione. E' ovviamente possibile che queste prove siano state eseguite ma non riportate nel documento. Ancora una volta, sono stati ottenuti molti risultati negativi, suggerendo che la contaminazione non era estesa, ma con una tecnica talmente sensibile sono necessarie notevoli precauzioni per eliminare la possibilità di contaminazione. Dal momento che sia l'RDX che la TNT sono stati usati come standard di taratura, essi erano presenti nel laboratorio e avrebbero potuto rappresentare una fonte di contaminazione. Nell'assenza di un resoconto dettagliato delle precauzioni prese per evitare la contaminazione durante il lavoro, non siamo in grado di commentare ulteriormente."

Più in generale, il DRA rileva che, pur dovendo essere la tecnica adottata dal CNR particolarmente affidabile, "il rapporto non contiene particolari sufficienti sui metodi adottati per consentirci di valutare i risultati quantitativi in modo adeguato, ma abbiamo delle riserve riguardo alla precisione che si poteva raggiungere. Ad esempio, le linee di taratura fornite sulla pagina 19 non forniscono alcuna indicazione degli errori associati con la taratura, che nel caso di misurazioni così sensibili devono essere considerevoli"<sup>79</sup>.

In conclusione, l'identificazione del gancio come prova della presenza di esplosivo ha a suo favore la presenza di fibre globularizzate su di un taglio che può essere messo in correlazione con il reperto, ma è contrastata: 1. dalla localizzazione all'interno dello schienale 2. dall'assenza di residui incombusti nelle zone vicine 3. dalla non completa affidabilità delle metodiche utilizzate.

Diverso è però il caso delle indagini effettuate successivamente. Le più recenti indagini chimiche sono state condotte con metodologie alle quali nessuna concreta

---

<sup>79</sup> Rapporto DRA dell'agosto 1992, pag. 9.

osservazione critica è stata mossa e da soggetti che, per esperienza e disponibilità di attrezzature e metodologie, sono certamente della più assoluta attendibilità.

In particolare, il Collegio chimico composto dai Prof.ri GRAZIANI, LOPEZ e NICOLETTI ha condotto gli accertamenti in contraddittorio con le parti e ha dato ampia motivazione sia delle metodologie seguite, sia delle conclusioni cui è pervenuto, tra cui anche quella relativa all'ampio superamento delle soglie minime di rilevabilità delle particelle incombuste.

Anche in questo caso, il Collegio si è trovato di fronte a fatti che sono stati ritenuti inspiegabili. Oltre a quelli che si sono innanzi evidenziati per le fibre in alcuni fori di penetrazione nei bagagli (cui peraltro non corrisponde la repertazione specifica di schegge), il Collegio ha ritenuto insuperabile il rilievo che tracce di esplosivo siano state trovate, in un caso, anche nella faccia interna di una valigia, oltre che su quella esterna.

Va però osservato che l'affermazione non è esatta. Il Collegio peritale chimico, infatti, ha dovuto tener conto del fatto che le indagini effettuate in precedenza sulle valigie per la ricerca di residui di sostanze esplosive erano state condotte passando sulle superfici un batuffolo di cotone imbevuto di solvente<sup>30</sup>. Trattandosi di sostanze facilmente decomponibili, il Collegio ha dunque proceduto alle nuove analisi prelevando parti a tutto spessore; i frammenti sono quindi stati sminuzzati e posti a contatto con i solventi. Non è dunque possibile stabilire se i residui fossero in origine all'interno o all'esterno del campione. Infatti i residui che si sono potuti rinvenire a tanti anni di distanza dall'evento sono esclusivamente quelli che il solvente aveva fatto penetrare nelle fibre e che si erano per tale ragione conservati<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> Allegato n. 2 alla relazione n. 8221 del 5 ottobre 1982 della Direzione Laboratori dell'Aeronautica Militare.

<sup>31</sup> "E' stato richiesto a questo Collegio di analizzare nuovamente i bagagli oggetto delle prime indagini per avere conferma della presenza di tracce di esplosivi. Si è deciso di utilizzare i bagagli numero 11, 14, 15 (numerazione data dall'AMI) già ritrovati "positivi" dai Laboratori dell'Aeronautica nell'83, nonché il bagaglio n. 13. Si tratta di tre valigie che si presentano ancora in condizioni accettabili .... Nel rapporto dell'Aeronautica Militare risulta che sono state 'lavate' con solventi (etere etilico) ampie superfici dei bagagli, e a volte l'intero bagaglio, con la speranza di raccogliere quantità di materiale sufficiente a evidenziare l'eventuale esplosivo ... Questi fatti ci hanno suggerito di preparare i campioni nel modo che verrà indicato più avanti .. Il fatto che le valigie siano state 'lavate' con solventi per asportare i residui di esplosivo ci ha suggerito di estrarre a fondo il materiale costituente questi oggetti, con l'idea che il precedente uso dei solventi avesse fatto penetrare l'esplosivo negli strati più profondi." Si è quindi proceduto "ritagliando e asportando da ciascuna valigia a tutto spessore dei pezzi di materiale ... Tutto il materiale asportato è stato ridotto in piccoli pezzi, combinando quanto proveniente dalla stessa valigia e lasciato in infusione ...". Dopo ulteriori lavorazioni sono stati estratti tre campioni su cui sono state effettuate

Indimostrata, a parere di questo Ufficio, è poi l'osservazione delle possibilità di inquinamento dei reperti, verificatasi durante il recupero e per essere stati trasportati su navi militari. Se così fosse ci si aspetterebbe di trovare innanzitutto inquinamento da residui di esplosivi utilizzati come propellente dei proiettili e non certo delle testate belliche (TNT - T4). Si è però osservato che alcuni reperti furono trasportati attraverso la sala siluri della Nave Andrea Doria. Sono quindi stati effettuati accertamenti molto accurati al fine di verificare se in dette sale fosse possibile riscontrare inquinamento da esplosivi, che effettivamente compongono le testate belliche dei siluri antisommergibili in dotazione alle Navi della nostra Marina.

Le indagini tecniche, condotte per conto del Collegio peritale da esperti di MARIPERMAN hanno effettivamente consentito di rinvenire quantitativi infinitesimali di entrambe gli esplosivi. Secondo i predetti tecnici, però, i quantitativi repertati sono talmente piccoli da non consentire un inquinamento da ambiente dei reperti.

E' vero che la ricerca delle tracce è avvenuta su Navi diverse e in condizioni differenti da quelle del 27/28 giugno 1980. Il risultato delle indagini chimiche di MARIPERMAN è però coerente con il fatto che gli esplosivi TNT e T4 sono contenuti nelle testate dei siluri, che non vengono manipolate internamente nei locali predetti. Si tratterebbe, dunque, di residui provenienti da manipolazioni risalenti nel tempo e avvenute in locali diversi.

#### I. 11. 8 CONCLUSIONE SUGLI ELEMENTI INDICATIVI DI ESPLOSIONE

In conclusione, al termine delle indagini volte a ricercare elementi che, in sé considerati, potessero costituire prova dell'evento che aveva causato la perdita del DC9, viene innanzitutto esclusa la sussistenza di indizi di cedimento delle strutture, ricavabili dagli esami metallografici o frattografici.

Il Collegio SANTINI indica poi in sei gli indizi di un'esplosione:

- a) Segnature sui frammenti metallici 6-4M e 52-1M
- b) Presenza su alcuni reperti di fibre globularizzate, almeno di quelle riconosciute effettivamente come tali

---

le analisi, rilevando "tracce di T4 e TNT, Le quantità osservate sono di gran lunga maggiori delle quantità minime rivelabili con il metodo utilizzato". Relazione del Collegio peritale chimico depositata in data 12 marzo 1994

- c) Segnature sul vestito di bambola  
d) Pelle a buccia di arancia su un piccolo disco metallico  
e) Tracce di esplosivo su alcuni reperti (gancio e bagagli)  
f) Formazione di schegge

Nessuno di questi è però, secondo le valutazioni del Collegio, realmente indicativo di un'esplosione<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> Sul punto è in netto contrasto una relazione riassuntiva del DRA, datata 24 maggio 1994:

"Segno d'esplosivo si può trovare su di una parte che indica che una detonazione è avvenuta nelle immediate vicinanze del materiale rinvenuto. Non c'è una spiegazione alternativa. Ogni segno, non importa quanto piccolo, è sufficiente per provare che un tale evento accadde. Solamente un segno su un singolo pezzo è già prova sufficiente e non può essere ignorato. Comunque, quando un singolo rottame è coinvolto si deve essere certi che la continuità con l'aereo sia prolungata e che, per esempio, il rottame non sia stato inavveritamente introdotto da altra fonte. Quando due o più rottami che portano tali segni sono coinvolti diventa molto meno probabile che tale "contaminazione" possa essere accaduta, e diversamente, è più attendibile che la traccia conduca a un'esplosione.

La seguente lista di punti ricapitola i vari passi delle prove ottenute a Fort Halstead sin dal nostro primo interessamento alle indagini nel 1988. I punti non sono necessariamente in ordine, ma noi crediamo che tutti indichino un'esplosione. Essi sono stati tutti ampiamente descritti nei 4 rapporti DRA. Inclusa inoltre c'è una lista o sommario dei relitti che mostrano la traccia sopra menzionata insieme con i loro numeri di riferimento. Includiamo anche delle note su tutti i vari tipi di segni trovati e sulle prove giustificative.

1) Frammenti di metallo 6-4M e 52-1M

Questi frammenti, Figure 1 e 2, mostrano entrambi erosioni da gas e margini arrotondati, che sono di per se stessi già segni affermativi. Questi frammenti testimoniano un'esplosione.

Potrebbe essere possibile trovare ulteriori segni d'esplosivo, e quindi suggeriamo un riesame del Frammento di Metallo 10-5M mostrato nei due fotomontaggi, Figure 3 e 4. Separata dalla piccola area di possibile erosione di gas, (vedi Figura 4) sembra che l'area celata dentro la regione piegata dovrebbe essere riesaminata a causa del perché siano presenti in questo punto erosioni di gas e crateri. Lo schiacciamento e la piegatura meccanici si pensa che siano avvenuti susseguentemente all'espulsione dal punto dell'esplosione. Questo è suggerito dal taglio del frammento.

E' comprensibile che ci siano state delle tracce conducenti a dei dubbi riguardo l'autenticità di uno dei frammenti di metallo di cui sopra. Questo non influirà sulle conclusioni fornite da un singolo inoppugnabile segno testimone. Naturalmente maggiori sono i rottami aventi questi segni, maggiore è la probabilità di un collegamento.

Una copia originale delle note del libro di laboratorio e di una trascrizione è inclusa per tutti questi frammenti di metallo in modo da sostenere la loro continuità come prova. E' chiaro da queste note che due frammenti di metallo erano presenti nella borsa marcata S-4M, e ciò non era inusuale. La susseguente borsa 6-5M per esempio, ne contiene tre. Se questi frammenti, 6-4M e 52-1M, si pensano appartenenti ai relitti del I-TIGI (e noi al DRA pensiamo che ciò sia vero) allora nessuna

teoria che non includa un'esplosione può essere espressa. Così la presenza nei relitti anche di uno solo di questi frammenti entrambi i quali presentano due segni, può essere vista come prova inoppugnabile che un tale evento accadde.

2) Rottami del Bagagliaio N. V2, V3, V5, V8 e V9

La prova affermativa che sostiene la presenza di un'esplosione fu trovata nell'ammasso globulare di fibre ai margini dei piccoli buchi in cinque pezzi del bagagliaio. Questo effetto è ben documentato ed indica che frammenti ad alta velocità potrebbero derivare da un'esplosione, passata attraverso il materiale del bagagliaio.

3) Vestito della bambola Rottame N.24/4 (RARDE N.24/4) Vostro Numero Reperto ci è sconosciuto.

Similarmente, due piccoli buchi mostrandoci l'effetto globulare furono osservati anche sul tessuto di una bambola. Questo vestito era di particolare interesse poiché aveva impronte sopra di esso le impronte di tessuto di un'altra fonte (un tessuto rosa che era stato forzato nella tessitura del materiale dell'abito). Questo effetto può essere causato solo da un'esplosione! Alcune micrografie SEM del tessuto rosa impresso sull'abito sono mostrate nelle figure 5-12. E' stato suggerito da un membro della commissione durante la discussione che questo rottame venne recuperato dalla "sbagliata" area dei relitti. Comunque c'è traccia, come mostrato dai depositi di calcio sul materiale, p.29 penultimo paragrafo nel primo rapporto RARDE, (vedi spiegazione p. 38) che si impigliò sui cavi nel fondo marino. Sembra perciò ragionevole concludere che il vestito della bambola potrebbe essersi impigliato nei cavi e trascinato con il relitto principale della cabina invece di essere espulso con i primi pezzi di materiale poiché si era allontanato dal velivolo. In ogni caso la traccia di esplosione che presenta non può essere ignorata ovunque esso venne ripescato.

de  
velivolo  
y  
!

4) Panno Nero N. 1395

Infine c'è la traccia delle singolari fibre globularizzate sul panno nero discusse sul nostro ultimo rapporto. Anche se non comprovato da test esplosivi, non abbiamo avuto successo nel riprodurre pienamente questo effetto con ogni tecnica di laboratorio. Tutti i risultati che abbiamo ottenuto indicano che il raggio di calore fu più veloce di quello che può essere raggiunto anche da un laser e che l'effetto è transitorio, a causa dell'alta velocità del calore, per es. di più breve durata di un'esplosione d'aria calda o di ogni altro metodo disponibile di calore rapido. Gli esperimenti laser comunque furono quelli che più si avvicinarono nel riprodurre l'effetto.

In aggiunta altre possibili indicazioni includevano:  
i. Cuscini dei sedili. Rottami n. C5, C6, C22, C31 e C43

=

X

Questi campioni erano nella forma di campioni di panno aventi dei buchi. Le fibre intorno ai buchi avevano dei margini globulari. Il materiale del quale il panno era fatto era un misto di lana e fibre sintetiche.

Sebbene questi campioni contenessero fibre in lana che si ingrossano e si carbonizzano, e l'effetto su di essi non può essere separato da quello del colore, eg. dagli orli delle sigarette le fibre di composizione sintetica hanno orli globulari, v. Figura 125 del nostro 1° rapporto. (Rottame n°43).

ii) Legatura sedile posteriore. Rottame N. FSB-M1/1 Fibre con Estremità Globulari. Filo rosso attaccato al gancio del Sedile. Schienale N.16

Non lo sono le fibre globularizzate, le segnature sul vestitino, le schegge penetrate nei cuscini e negli schienali, il disco metallico perché - per le ragioni ampiamente esposte innanzi - riconducibili a cause diverse dalla proiezione di frammenti esposti a esplosione.

Non lo sono neppure i frammenti al punto a) e i residui di esplosivo, per la possibilità di manipolazioni o errori nella repertazione.

Queste conclusioni sono solo in parte condivise dai requirenti.

La relazione peritale ~~evidenzia come gli elementi~~ su indicati sono tutti concentrati in zone (cabina passeggeri e bagagliai) che non sono in alcun modo compatibili con la localizzazione di un'esplosione nella toilette, che invece sarebbe dimostrata dall'esame delle deformazioni patite dagli elementi strutturali di tale parte del velivolo.

Le estremità delle fibre non erano completamente attendibili, essendo solo parzialmente globularizzate, ma richiamavano quelle prodotte dai frammenti viaggianti a velocità intorno a 600m/s, come viene dimostrato nei nostri esperimenti incendiando il materiale del tappeto.

iii) Disco d'Ottone (RARDE N.33) Numero Reperto sconosciuto. Effetto "Sbucciatura d'Arancia" Questa traccia viene spiegata da Eric Newton (v. referto 4 nel nostro 1° rapporto). Non abbiamo nessuna prova di prima mano che la mostri come un segno.

In conclusione, noi crediamo che ci sia la prova schiacciante che avvenne un'esplosione. Siamo a conoscenza delle opinioni di Frank Taylor ed altri riguardo ad una esplosione nella toilette. Le nostre scoperte sui frammenti ecc. non concordano con questa teoria, ma nessuna chiara traccia di esplosivi fu trovata nei rottami della toilette che furono esaminati al DRA.

Il DRA allega un "Summary of evidence" delle prove raccolte direttamente nei suoi laboratori:

"Oggetti esaminati presso il DRA e ritenuti mostranti di un'esplosione:

1. Frammento metallico 6-4M. Gas-wash e rolled edges
2. Frammento metallico 52-1M. Gas-wash e rolled edges
3. Vestito di bambola. Intrusione di frammenti di diversa origine

Oggetti che portano indicazioni positive che essi sono stati in prossimità di un'esplosione:

1. Bagaglio. Reperto n. V2. Penetrazione con formazione di fibre globularizzate.
2. Bagaglio. Reperto n. V3. Penetrazione con formazione di fibre globularizzate.
3. Bagaglio. Reperto n. V5. Penetrazione con formazione di fibre globularizzate.
4. Bagaglio. Reperto n. V8. Penetrazione con formazione di fibre globularizzate.
5. Bagaglio. Reperto n. V9. Penetrazione con formazione di fibre globularizzate.
6. Vestito di bambola (due fori). Reperto n. 24/4. Penetrazione con formazione di fibre globularizzate.
7. /11. Copertura dei cuscini (C5, C6, C22, C31, C43), tutte contenenti piccoli fori o penetrazioni alle sommità dei quali le fibre sintetiche hanno terminazioni globularizzate. Questa caratteristica .. è prodotta solo dalla rapida rottura delle fibre .."

A questi elementi il DRA aggiunge la rilevazione di fibre globularizzate in maniera anomala, rispetto a quelle tipicamente riscontrate nei casi di esplosione, sui di un panno nero.

Non si può non concordare con le conclusioni del Collegio sul punto, anche se - come si vedrà - a parere di questo Ufficio non vi sono neppure elementi certi dell'esplosione nella toilette.

Il punto davvero delicato è che gli elementi indicativi di un'esplosione, che si sono sopra ricordati, *sono anche tra loro incompatibili*, così come sono incompatibili con lo stato della cabina passeggeri e dei vani bagagli.

Della fusoliera, degli arredi, dei bagagliai sono state recuperate ampie parti e ben rappresentative dell'intero. Su di esse sono state condotte le più accurate analisi, anche da parte di Collegi peritali diversi e da Enti italiani e stranieri. Nessuno di questi - neppure il DRA - ha individuato segni di esplosione, diversi da quelli che si sono descritti (il DRA anche i fenomeni di *quilting* in una zona della fusoliera, di cui s'è a lungo discusso in altra parte di queste requisitorie). Tanto che coloro che hanno sostenuto comunque l'ipotesi dell'esplosione di un ordigno a bordo dell'aereo, hanno dovuto ipotizzare una carica nuda (cioè senza rivestimento - ma anche senza timer e detonatori?) e di peso assai modesto. Ciò nonostante, nessuna collocazione dell'ordigno vale a giustificare contemporaneamente le tracce "irrefutabili" di un'esplosione; e questo, a prescindere dalla possibilità che un ordigno così descritto potesse determinare i rapidissimi effetti devastanti che si sono accertati.

Posto che almeno una valigia su cui fu trovato l'esplosivo e altre su cui furono rilevate tracce di penetrazione ad alta velocità dovevano necessariamente trovarsi nel bagagliaio, non potrebbe non ipotizzarsi un'esplosione in detto vano. Questo potrebbe giustificare forse anche gli indizi ricavabili dal vestito di bambola (benché l'oggetto sia stato trovato nella cabina pilotaggio) ma certamente non i frammenti 6-4M e 52-1M, per la loro composizione chimica.

Il punto non è tanto quello della incompatibilità di quelle prove con la localizzazione di un ordigno nella toilette, quanto nella loro reciproca incompatibilità.

Gli unici oggetti che mostrano segni davvero inconfutabili di essere stati esposti a un'esplosione sono i frammenti 6-4Mii e 52-1M.