

La situazione delle visite ispettive di classe e statutarie è stata desunta dalle informazioni fornite da parte della Ditta RINA Services, subentrata nel 2000 al Registro Italiano Navale in qualità di Ente di classifica.

Al tempo, le navi mercantili battenti bandiera italiana erano soggette alle verifiche periodiche eseguite rispetto a:

- le norme statutarie (o norme di bandiera, ovvero requisiti minimi prescritti dal Ministero Marina Mercantile per poter battere bandiera italiana)
- i requisiti di classe di una società di classifica (RINA) ai fini della validità della copertura assicurativa

Per quanto riguarda i requisiti di bandiera al tempo era in vigore la convenzione SOLAS 1960 e il Regolamento di Sicurezza di cui al D.P.R. 14 novembre 1972 n.1154. Il RINA agiva in regime di monopolio in qualità di delegata del Ministero Marina Mercantile per il controllo periodico delle prescrizioni utili a consentire alle navi di operare; oggi il mercato è stato aperto e i singoli armatori hanno la facoltà di scegliere la società di classifica/certificazione cui demandare le verifiche dei requisiti di bandiera.

Per gli aspetti relativi alla classe, il Regolamento RINA in vigore al tempo era il Regolamento RINA del 1 gennaio 1991 ove, nella Parte A, sono riportate le periodicità delle visite e il contenuto delle stesse (Allegato 6).

Con particolare riferimento alla visita eseguita a Portoferraio al termine della sosta lavori di manutenzione, essa ha avuto luogo nel periodo febbraio-marzo 1991; il rapporto del RINA relativo alla visita è il numero 288 riportato in Allegato 7; gli esiti della visita sono riportati nel rapporto stesso e consistettero nella estensione di validità della classe fino a tutto luglio 1991.

In conclusione, disponendo del certificato del buon esito della visita (Report 288) e della descrizione di dettaglio dei controlli da effettuare durante la stessa (Circolare IV/2592 del 8 luglio 1983 del RINA, Istruzioni per l'esecuzione delle visite occasionali di riarmo, Allegato 8), si deve assumere che in occasione della visita RINA del marzo 1991, gli impianti della propulsione furono verificati e provati a caldo con esito soddisfacente, con particolare riferimento alle prove tutto avanti e tutto addietro del passo delle eliche.

Relativamente alle prescrizioni di classe operanti al tempo dell'incidente:

- Motori** Nessuna prescrizione operante.
- Riduttori e giunti di accoppiamento e Vulkan:** Nessuna prescrizione operante
- Linee d'assi:** nessuna prescrizione operante.
- Eliche:** sull'elica di DR, a seguito di incaglio nel 1987 con perdita di olio dalle pale e successiva riparazione temporanea ad opera della casa madre, era operante una prescrizione dal marzo 1988 (Fig.6) relativa al mozzo, che prevedeva, in occasione delle successive visite di controllo sottomarino della carena, il controllo con sommozzatore dei fori di alloggiamento delle pale sul mozzo e l'analisi dell'olio idraulico, nelle more di sostituire il mozzo stesso in occasione del successivo ingresso in bacino; durante le visite del 1989 e del 1990, a seguito di ispezione visiva con sommozzatore e analisi dell'olio con esito soddisfacente, il RINA aveva sempre autorizzato a rimandare la sostituzione del mozzo al bacino successivo. Anche durante le visite di riarmo a Portoferraio nel periodo feb-mar 1991, coerentemente con il documento di istruzioni n. 91045PRO0061 del 14 febbraio 1991 della D.G. del RINA (Allegato 9), a seguito di ispezione sottomarina delle eliche con sommozzatore e di analisi dell'olio, la sostituzione fu ulteriormente rimandata e la classe fu rinnovata fino a tutto luglio 1991. In Allegato 10, si

riporta la sintesi cronologica delle prescrizioni operanti sull'elica di DR, ricevuta dal RINa su richiesta della Commissione.

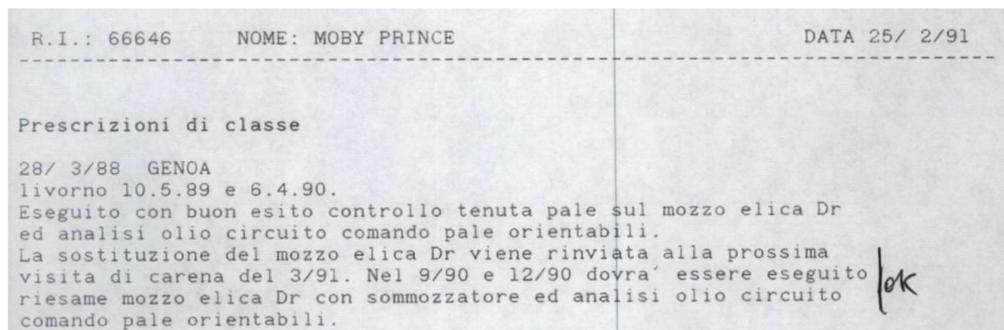


Fig.6

**e. Stato delle parti da rilievi peritali e prove effettuate**

Per gli aspetti relativi allo stato in cui furono trovati i componenti dell'apparato Motore dopo il disastro, è stato ovviamente necessario ricorrere ai verbali dei sopralluoghi ed alle perizie dei diversi consulenti tecnici coinvolti a diverso titolo nell'inchiesta di primo grado; questi infatti sono gli unici esiti di visite e rilievi fotografici disponibili prima della demolizione del relitto. Si noti che buona parte dei sopralluoghi peritali fu svolto collegialmente dai periti delle diverse parti (Procura, parti offese, armatore, ecc.) e che le risultanze riportate nelle diverse relazioni di perizia, sono perlopiù coincidenti.

**In Sala Macchine**

Dal verbale del sopralluogo dei periti (CCTT della Procura e CCTTPP) del giorno 12 giugno 1991 si evince che fu fatta una ispezione al locale motori, ma, recita il verbale "quanto rilevato è stato riportato nei blocchi di appunti dei singoli consulenti". Dalla perizia dei CCTT del PM del 1994, del CTP delle parti offese Vatteroni del 1994 e da quella dell'ing Paolillo, CTP della Navarma spa (parti di interesse in Allegato 11 e Fig.7), si può tuttavia dedurre lo stato dei componenti, ovvero:

- Camme dei comandi passo eliche e motori DR e SN in Plancia in posizione di Avanti tutta (Figg.7 e 8)

E' stato comunque controllato lo stato dei resti della consolle di plancia, ed è stato constatato che anche i meccanismi di tele-comando dalla plancia delle andature della macchina sono bloccati sul Tutta Forza Avanti.

Fig.7

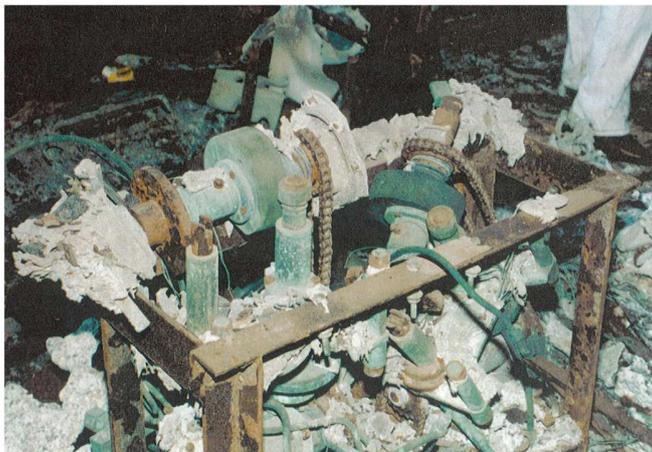


Fig.8

- Telegrafi di macchina in Sala macchine in posizione di Avanti tutta con controindice del comando da plancia nella stessa posizione (Fig.9)

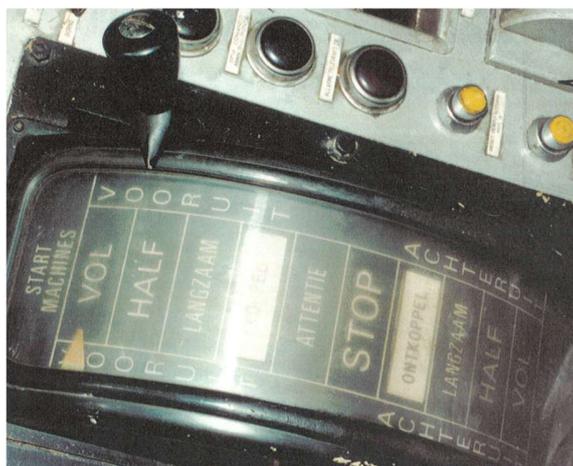


Fig.9

- Autoregolatori di giri dei quattro motori: tutti con tacca compresa tra 5 e 6 su un fondo scala di 10
- Cremagliere comando pompe di iniezione in posizione di massima portata (Fig.10)



Fig.10

- Commutatore comando motori-eliche smistato su in Sala Macchine (Fig.11)



Fig.11

- Giunti di accoppiamento motori-riduttori DR e SN: inseriti
- Leve di comando motori e passo in posizione di avanti al minimo (Fig.12)

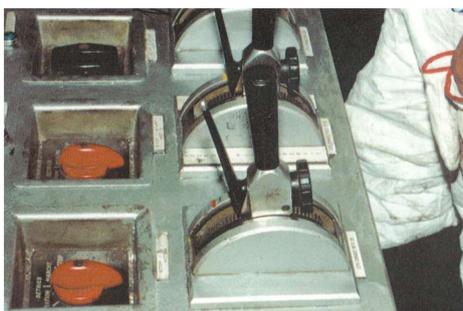


Fig.12

Tra le diverse perizie consultate, inclusa quella del Cte Vatteroni, CTP delle parti offese, è ricorrente, e sposata dallo scrivente, la considerazione che la posizione delle leve dei telegrafi e dei comandi motori ed eliche, controllabili da Sala Macchine non è indicativa in quanto soggetta a possibili ed incidentali spostamenti; diverso è invece quello che concerne i controindici degli stessi telegrafi, che rappresentano l'ultimo ordine ricevuto e non sono movimentabili dalla sala Macchine.

Dal verbale allegato alla perizia Prospero-Faulkner, CCTTUU del Tribunale di Livorno, si evince che in data 23 gennaio 1997, durante il sopralluogo eseguito a bordo del relitto fu riscontrato oltre alla già citata posizione di portata massima delle cremagliere sui motori, anche la posizione compresa tra 5 e 6 della tacca sugli autoregolatori di giri di tutti e quattro i motori, corrispondente a circa il 50/60% del regime rotazionale degli stessi. Anche questo rilievo non può essere stato oggetto di movimentazione anche se involontaria durante le diverse ispezioni e visite successive al disastro, in quanto la posizione degli autoregolatori è il risultato dell'ultimo ordine ricevuto dal comando pneumatico ed è allineato su tutti i quattro motori.

#### **In locale Kamewa e linee d'assi**

Sempre dalla perizia dei CCTT del PM e relativi rilievi fotografici di seguito lo stato dei componenti dell'impianto elica:

- A nave galleggiante
  - o Indici delle pale in posizione tutta avanti
  - o Presenza di acqua e olio in sentina del locale con segni fino ad un'altezza di circa 70 cm sulla murata Dr nave
  - o Casse gravitazionali in locale garage vuote e con vistosi segni di surriscaldamento
  - o Analisi olio prelevato in diversi punti del circuito di DR con presenza di acqua di mare.
- A nave in bacino
  - o Corretto serraggio viti di collegamento delle pale ai mozzi
  - o Rilievo dei laschi delle pale nella norma
  - o Analisi olio presente nei mozzi con esito buono (assenza di acqua)

- Prove di funzionamento sia in manuale che in pneumatico, eseguite con esito soddisfacente.

Tale situazione è ulteriormente confermata parzialmente da quanto riportato alle pagine 38 e 39 della perizia del CTP Vatteroni, presente al medesimo sopralluogo del 12 giugno.

**f. Considerazioni**

Da tutto quanto fin qui esposto lo scrivente ha potuto fare le seguenti considerazioni in merito allo stato di efficienza degli impianti al momento dell'impatto:

- L'impianto eliche a passo variabile era efficiente; infatti le analisi dell'olio nella parte "di lavoro" dello stesso nei mozzi, non ha evidenziato presenza di acqua di mare e la prova di funzionamento a caldo ha dato esito soddisfacente; l'ingresso dell'acqua si limitò solo alle casse e alle parti di circuito limitate alle zone circostanti l'OBD e le frazioni di circuito ausiliario, senza interessare la parte di circuito di forza; l'olio inquinato di acqua (ed emulsionato) non ha lavorato entro l'asse cavo e non è mai giunto nella zona degli attuatori alla radice delle pale, altrimenti le analisi avrebbero fornito presenza di acqua di mare anche in queste zone. Appare quindi verosimile che, a prescindere dalle cause, l'ingresso di acqua nel circuito sia avvenuto dopo l'ultima variazione di passo
- la mancata esecuzione della sostituzione del mozzo a seguito di ispezione subacquea ed analisi olio, non ha avuto alcun effetto sul funzionamento dell'impianto.
- La posizione delle cremagliere dei motori tutte al massimo è indice del fatto che i motori si sono fermati spontaneamente e non per comando; infatti l'autoregolatore di giri in caso di comando di arresto si sarebbe posizionato ad un valore di tacca certamente prossimo a zero e le cremagliere sarebbero state trovate a portata nulla; con ogni probabilità i motori si sono arrestati per soffocamento (mancanza di aria comburente a seguito della diffusa presenza di fumi e fiamme), con conseguente tendenza dell'autoregolatore di giri, ad aumentare la portata di combustibile per contrastare la tendenza dei motori a "sedersi", ovvero a ridurre i giri.
- La posizione delle leve sui telegrafi di macchina in control room non può essere considerata significativa, in quanto potenzialmente esposte a movimenti accidentali; sono invece significative le posizioni dei controindici – non movimentabili dall'esterno – indicative degli ordini ricevuti dalla Plancia.
- La posizione delle leve di comando giri e passo della control room non sono da considerarsi affidabili in quanto soggette a spostamento accidentale e soprattutto la loro posizione rilevata non è compatibile con la tacca rilevata sugli autoregolatori.
- Lo stato rilevato delle pale dell'elica non è indicativo per via dell'intervento delle molle nei mozzi che spostavano il passo a massimo avanti in caso di assenza di pressione dell'olio idraulico.
- I valori di tacca rilevati sugli autoregolatori (tra il 5 e il 6 con fondo scala a 10) indica un comando giri motore prossimo alla metà del range di variazione previsto; dal grafico riportato in Fig.5 si deduce, tenuto conto del rapporto di riduzione, che il comando giri motore fosse impostato per circa 363 rpm, a circa metà del range di variazione tra i giri asse minimi (corrispondenti alla velocità minima di autosostentamento del motore) e quella corrispondente al massimo valore di giri elica nel grafico; tale velocità motore era corrispondente ad un numero di giri asse pari a circa 204, corrispondenti a tacca compresa tra 5 e 6 sulle ascisse del grafico in Fig.5 e appunto verosimilmente a circa metà del range di variazione della tacca degli autoregolatori; esaminando i valori di resistenza all'avanzamento valutati dal Cetena nell'ambito della consulenza a favore della Commissione (Vds email in Allegato 12) ed eseguiti anche a valori di dislocamento e di immersione prossimi a quelli

stimati dallo scrivente nel Capitolo b) (circa 5500t e T=4.6m), si è visto che a 205 giri asse e passo elica al valore di progetto, la velocità nave impostata corrispondente era prossima ai 18.3 nodi. Tale andatura risulta anche marcata sul grafico con una riga verticale tracciata a mano (poco visibile sulla copia) che trova riscontro anche per la marcia addietro ed è lecito supporre che fosse un valore “notevole” di impostazione dell’andatura, di ausilio per i responsabili della conduzione dell’apparato motore.

**g. Conclusioni**

Sulla base degli approfondimenti e considerazioni fatte, si ritiene di poter formulare le seguenti conclusioni validate dalla loro compatibilità tecnica con l’impianto e con il suo principio di funzionamento:

1. L’apparato motore era funzionante regolarmente subito prima dell’impatto con quattro motori inseriti in asse, comandi da control room;
2. L’ultimo ordine giunto dalla Plancia sui telegrafi di macchina è stato di Avanti Tutta
3. I motori si sono fermati spontaneamente, probabilmente per soffocamento dopo la saturazione dell’ambiente circostante e per mancanza di comburente; ne consegue che hanno continuato a funzionare per un lasso di tempo non quantificabile, anche dopo l’impatto.
4. L’ultimo comando pneumatico giunto agli autoregolatori di giri dei motori dalle leve della control room è equivalente ad un’andatura prossima ai 18.3 nodi (205 giri asse e passo di progetto, corrispondenti al segno di marcatura evidenziato su grafico)
5. Non è possibile conoscere l’ultimo comando di passo elica
6. Non è possibile sapere se il traghetto avesse o meno raggiunto la velocità impostata al momento dell’impatto; tale valutazione si ritiene possa essere effettuata in modo più efficace a valle delle simulazioni di carattere cinematico commissionate alla ditta Cetena dalla Commissione ed attualmente in fase di sviluppo.

La Spezia, 05 aprile 2022

C.V. (GM-GN) Sergio SIMONE

---



## **Raggruppamento Carabinieri Investigazioni Scientifiche** **Reparto Investigazioni Scientifiche di Roma**

Viale Tor di Quinto, nr.119  
00191 Roma

tel.: .06.80981 - fax 06.33566336  
e.mail-risrmit@carabinieri

Nr. RM\_21\_2621/21 - I.T.

Roma, 08 luglio 2022

**OGGETTO:** Commissione Parlamentare d’Inchiesta sulle cause del disastro della nave “Moby Prince”.

**Relazione tecnica.**

**AL PRESIDENTE DELLA COMMISSIONE PARLAMENTARE “MOBY PRINCE”**

**On. Andrea ROMANO**

*romano.mobyprince@camera.it*

Si trasmettono la relazione tecnica ed il fascicolo fotografico relativi all’accertamento chimico effettuato sui reperti in giudiziale sequestro e relativi alla richiesta della Commissione Parlamentare d’Inchiesta in oggetto indicata.

**IL COMANDANTE INT.**  
**(Ten.Col. inv.sc. Adolfo Gregori)**



## **Raggruppamento Carabinieri Investigazioni Scientifiche** **Reparto Investigazioni Scientifiche di Roma**

Viale Tor di Quinto, nr.119  
00191 Roma

tel. .06.80981 - fax 06.33566336  
e.mail-risrmit@carabinieri

Nr. RM\_21\_2621/21 - I.T.

**Roma, 08 luglio 2022**

**OGGETTO:** Commissione Parlamentare d'Inchiesta sulle cause del disastro della nave "Moby Prince"  
**Relazione tecnica.**

**AL PRESIDENTE DELLA COMMISSIONE PARLAMENTARE "MOBY PRINCE"**

**On. Andrea ROMANO**

*romano.mobyprince@camera.it*

### **1. RICHIESTA**

Il Presidente della Commissione Parlamentare in indirizzo, con richiesta del 14.12.2021, incaricava lo scrivente ad acquisire i reperti inerenti l'evento in oggetto e in particolare *"quelli prelevati all'interno del Locale Motore Elica di manovra della nave"* per sottoporli ad accertamenti tecnici tesi a verificare l'eventuale presenza di sostanze esplosive.

Le operazioni tecniche, di natura irripetibile, avevano inizio alle ore 10:30 del giorno 09.02.2022 previo avviso alle parti aventi diritto (vds verbale di inizio operazioni allegato), si concludevano alle ore 13:20 dello stesso giorno, e proseguivano in data 22.02.2022 (vds verbale di proseguo operazioni allegato) senza soluzione di continuità fino alla redazione della presente relazione tecnica.

### **2. DESCRIZIONE DEI REPERTI**

I reperti pervenuti presso questa Sezione erano così costituiti:

**Scatola "A":** scatola in cartone recante etichetta dattiloscritta indicante il contenuto; all'apertura si rinvenivano n.9 buste di carta contrassegnate dai numeri 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, e 11 e n.2 buste di polietilene contrassegnate dai numeri 5 e 8, nonché n.3 buste di plastica di colore nero (come da etichetta presente sulla scatola che si allega in copia) ed un CD rom recante la dicitura "P.P. 9627/06 Proc. Li Riprese subacquee: - Sub Arma -Cacciamine

Rimini -Relazione sub Arma”, non indicato nell'elenco presente sulla scatola e classificato da questo laboratorio come Reperto C. (*Foto dal nr.1 al nr 10*)

I suddetti reperti vengono di seguito dettagliatamente descritti:

- Rep. 1:** Busta nr. 1, aperta, recante la dicitura “Busta contenente materiali isolati sacco “C2” contenente un frammento in alluminio fuso e una porzione di morsetto elettrico in ceramica e rame (*Foto nr.11 e nr 12*);
- Rep. 2:** Busta nr. 2, chiusa, recante la dicitura “Busta contenente materiali prelevati sacco “F2” contenente parte di una busta (originale) aperta, sporca al suo interno da fuliggine, ed una busta con chiusura a pressione contenente (*Foto nr.13 e nr 14*);:
- una porzione di fascetta di plastica;
  - vari frammenti di tessuto;
  - vari frammenti metallici (fili di ferro e molla);
  - un frammento di nastro isolante;
  - un frammento di verosimile bachelite.
- Rep. 3:** Busta nr. 3, chiusa, recante la dicitura “Busta contenente materiali prelevati sacco “C2” contenente parte di una busta (originale) aperta, sporca al suo interno da fuliggine, e due buste con chiusura a pressione di cui una recante la dicitura “Reperti sacco C2” contenente(*Foto nr.15, 16 e nr 17*);:
- una porzione di fascetta di plastica;
  - vari frammenti di tessuto;
  - vari frammenti metallici;
  - materiale vario combusto;
- e l'altra busta con la dicitura “Materiali del sacco C2 dopo il lavaggio” contenente:
- due supporti metallici di lampada al neon;
  - un supporto metallico di una lampadina;
  - materiale vario combusto;
  - una staffetta metallica a forma di “L”;
- Rep. 4:** Busta nr. 4, aperta, recante la dicitura “Busta contenente materiali prelevati sacco “F1” contenente parte di una busta (originale) aperta sporca al suo interno da fuliggine, e una busta di plastica con chiusura a pressione recante la dicitura “Materiali sacco F1” contenente (*Foto nr.18 e nr 19*);:
- una fascetta di metallo;
  - vari frammenti di plastica e gomma;
  - vari frammenti metallici e filo di ferro;

- materiale vario combusto;
- Rep. 5:** Busta nr. 5, in politene chiusa a pressione, recante la dicitura “sacco “B” contenente parte di una busta (originale) aperta sporca al suo interno da fuliggine, e tre buste di cui una in politene con chiusura a pressione recante la dicitura “Reperti sacco B dopo lavaggio” contenente (*Foto dal nr.20 al nr 24*);
- **vari frammenti metallici (molla, fili di ferro, cerniere per valigette, bottone a rivetto, etc) ;**
- e busta in politene con chiusura a pressione con la dicitura “Residui sacco B dopo lavaggio” contenente:
- quattro porzioni di fascette;
  - **un supporto di ceramica verosimilmente supporto delle plafoniere del neon;**
  - materiale vario combusto;
- busta in carta con la dicitura “Reperti sacco B dopo lavaggio” contenente:
- varie porzioni di metallo;
  - una porzione di targa con verosimili lettere parziali “P” e “I”;
  - materiale vario combusto;
- Rep. 6:** Busta nr. 6, aperta, recante la dicitura “Frammento metallico fuso derivante dai residui del sacco “B” contenente una busta di plastica con chiusura a pressione recante la stessa dicitura contenente un frammento metallico fuso (*Foto nr.25 e nr 26*);
- Rep. 7:** Busta nr. 7, chiusa, recante la dicitura “Busta contenente materiali prelevati sacco “E” contenente parte di una busta (originale) aperta, sporca al suo interno da fuliggine, e una busta di plastica con chiusura a pressione contenente vari frammenti metallici. Inoltre erano presenti (*Foto nr.27 e nr 28*):
- vari frammenti di plastica;
  - varie porzioni di cavi elettrici;
  - materiale vario combusto;
- Rep. 8:** Busta nr. 8, in politene, aperta, contenente tre buste in politene con chiusura a pressione recante la dicitura “Lato E motore” contenente (*Foto dal nr.29 al nr. 32*):
- una porzione di nastro di guarnizione;
- una busta in politene con chiusura a pressione con la dicitura “Lato D supporto metallico cornice imbullonata” contenente:
- una porzione di fascetta;
  - un chiodo metallico;
  - materiale vario combusto;

busta in plastica con la dicitura “Lato A dopo pulizia” contenente:

- una porzione di fascetta;
- materiale vario combusto;

**Rep. 9:** Busta nr. 9, chiusa, recante la dicitura “Busta contenente materiali prelevati sacco “D” contenente parte di una busta (originale) aperta, sporca al suo interno da fuliggine, e una busta di plastica con chiusura a pressione recante la dicitura “Sacco D materiale dopo lavaggio” contenente (*Foto nr.33 e nr. 34*):

- una porzione di fascetta;
- porzioni di cavo elettrico;
- varie porzioni di metallo;
- porzione di corda intrecciata;
- **una targhetta metallica con scritte in lingua inglese e numeri;**
- materiale vario combusto;

**Rep. 10:** Busta nr. 10, chiusa, recante la dicitura “Busta contenente materiali prelevati sacco “A” contenente tre buste in politene con chiusura a pressione di cui una recante la dicitura “Lavaggio con N-esano” contenente (*Foto dal nr.35 al nr. 39*):

- due porzioni di fascette;
- **una porzione di cavo elettrico;**
- un frammento di tessuto;
- e materiale vario combusto;

una busta in politene con chiusura a pressione con la dicitura “Residui metallici sacco A” contenente:

- una porzione di lampada;
- una molla
- materiale vario metallico;

busta in plastica con la dicitura “Frammenti di carta combusta relativi al sacco A” contenente:

- frammenti di plastica;

**Rep. 11:** Busta nr. 11, aperta, recante la dicitura “Busta contenente materiali prelevati sacco “C” contenente parte di una busta (originale) aperta, sporca al suo interno da fuliggine, e una busta di plastica con chiusura a pressione recante la dicitura “Reperto sacco C dopo lavaggio” contenente (*Foto dal nr.40 al nr. 42*):

- un tappo da fustino;
- **un frammento metallico fine corsa batteria;**

- materiale vario combusto;
- Rep. 12:** Sacco nr. 12, di plastica di colore nero, aperta, recante la dicitura “9D” contenente una rete metallica cilindrica dicesi provenire da un tubo di aspirazione (*Foto nr.43 e nr. 44*);
- Rep. 13:** Sacco nr. 13, di plastica di colore nero, aperta, recante la dicitura “6D” contenente un interfono (*Foto nr.45 e nr. 46*);
- Rep. 14:** Sacco nr. 14, di plastica di colore nero, chiusa con filo di ferro, recante la dicitura “2D”, contenente (*Foto nr.47 e nr. 48*):
- uno sportello metallico;
  - un telefono;
  - un armadietto telefonico completo smontato;
  - una busta di plastica contenente materiale polverulento combusto;
- Scatola “B”:** Scatola in cartone recante etichetta dattiloscritta indicante il contenuto; all’apertura si rinvenivano n.4 buste di carta contrassegnate dai numeri 15, 16, 17 e 18, inoltre n.5 buste di polietilene contrassegnate dai numeri 19, 20, 21, 22, e 23, nonché una busta bianca contrassegnata dal nr. 24 ed un plico in cartone chiuso con nastro da imballaggio contrassegnato dal nr. 25, di seguito dettagliatamente descritti (*Foto dal nr.49 al nr. 52*):
- Rep. 15:** Busta nr. 15, aperta, e chiusa con puntine metalliche, recante la dicitura “10 D” contenente una bustina di plastica con dicitura “10 D frammenti stoffa paratia anteriore”, contenente materiale vario combusto (*Foto nr.53 e nr. 54*);
- Rep. 16:** Busta nr. 16, aperta, e chiusa con puntine metalliche, recante la dicitura “Reperto 1D prelievo eliche di prua” contenente un barattolo in plastica chiuso con tappo, contenente un frammento di plastica e materiale vario combusto (*Foto nr.55 e nr. 56*);
- Rep. 17:** Busta nr. 17, aperta, e chiusa con puntine metalliche, recante la dicitura “Reperti 3 D e 4D prelevati sul bidone e 5D prelevati su griglia, locale eliche di prua ore 16,25” contenente tre cilindretti in plastica con chiusura a pressione conservanti materiale vario combusto (*Foto dal nr.57 al nr. 60*);
- Rep. 18:** Busta nr. 18, aperta, e chiusa con puntine metalliche, recante la dicitura “Reperto 6D, 7D e 8D eliche di prua” contenente al suo interno tre buste in politene recanti diciture rispettivamente “Rep 6D interfono sotto scaletta eliche di prua” (contenente materiale coibentante con fuliggine), “Rep. 7D armadi elettrici” (contenente materiale vario combusto), “Rep. 8D lungo linea di frattura sul pavimento” (materiale coibentante rigido e combusto) (*Foto nr.61 e nr. 62*);

- Rep. 19:** Busta nr. 19, di plastica aperta, e chiusa con puntine metalliche, contenente un'altra busta in politene recante la dicitura “Materiale sul motore eliche” contenente materiale polverulento combusto di colore nero (*Foto nr. 63 e nr. 64*);
- Rep. 20:** Busta nr. 20, di plastica aperta, e chiusa con puntine metalliche, contenente un'altra busta in politene recante la dicitura “Lato G telefono” contenente frammenti metallici e di plastica (*Foto nr. 65*);;
- Rep. 21:** Busta nr. 21, di plastica aperta, e chiusa con puntine metalliche, contenente una rotellina dentata in plastica (*Foto nr. 66*);
- Rep. 22:** Busta nr. 22, di plastica aperta, e chiusa a pressione, recante la dicitura “Montante motore lato E” contenente una rotellina dentata in plastica (*Foto nr. 67*);
- Rep. 23:** Busta nr. 23, di plastica aperta, e chiusa con puntine metalliche, contenente un'altra busta in politene recante la dicitura “motore lato F supporto motore” contenente materiale polverulento combusto di colore nero (*Foto nr. 68*);
- Rep. 24:** Busta nr. 24, di plastica di colore bianco “Merck”, chiusa con leghino metallico, recante la dicitura “Materiali trattati” contenente (*Foto dal nr. 69 al nr. 72*):;
- tre buste di carta, vuote, una recante la scritta “Reperti 1F, 2F, 3F” un'altra “Reperto 5F” un'altra “Reperto 6F”;
  - una busta in carta, aperta, recante scritta “Reperto 7F magazzino coppa sinistra” “contenente cotone idrofilo annerito;
  - una busta in politene trasparente, chiusa a pressione, recante la dicitura “residui dopo estrazioni Reperto 1F, 2F, 3F”, contenente materiale polverulento di colore grigio;
  - barattolo in plastica con tappo a pressione vuoto recante la dicitura “Reperto 1F”
  - barattolo in plastica con tappo a pressione vuoto recante la dicitura “Reperto 2F”
  - barattolo in plastica con tappo a pressione vuoto recante la dicitura “Reperto 3F”;
  - barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 8F” contenente cotone idrofilo annerito;
  - barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 9F” contenente cotone idrofilo annerito;
  - busta in politene trasparente aperta recante la dicitura “Reperto 10 F passamano alloggi ufficiali” contenente materiale vario combusto (*Foto nr. 73*);
  - barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 12F” contenente cotone idrofilo annerito;

- barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 13F” contenente cotone idrofilo annerito;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, vuoto, recante la dicitura “Reperto 14F”;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, vuoto, recante la dicitura “Reperto 15F”;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 16F” contenente cotone idrofilo annerito;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 17F” contenente materiale vario combusto;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 18F” contenente materiale vario combusto;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, recante la dicitura “Reperto 19F” contenente cotone idrofilo annerito;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, vuoto, recante la dicitura “Reperto 20F”;
- barattolo in plastica con tappo a pressione, vuoto, recante la dicitura “Reperto F”, contenente carta assorbente annerita;

**Rep. 25:** Scatola nr. 25, chiusa con nastro adesivo, recante la dicitura “*11 D numero 4 provette contenente liquido organico prelevati locali eliche di prua*” e contenente nr. 4 provette in vetro, vuote, chiuse con parafilm, con residui vari (*Foto nr. 75 e nr. 76*);

Di seguito vengono elencati i reperti generati e classificati presso questo laboratorio provenienti dai tamponamenti effettuati sulle scantole A e B e sulle superfici esterne delle buste:

**Rep. A:** Tampone con Alco-prep della superficie esterna della scatola “A”;

**Rep. B:** Tampone con Alco-prep della superficie esterna della scatola “B”;

**Rep. D:** Tamponi con Alco-prep delle superfici esterne delle buste nr. 1, 4, 8 e 11;

**Rep. E:** Tamponi con Alco-prep delle superfici esterne delle buste nr. 16, 18, 23 (Politene), 24 (busta bianca) e 25 (cartone).

#### **4. ANALISI DELLE TRACCE DI ESPLOSIVO SUI REPERTI UTILI**

##### **4.1 Piano di lavoro e procedura di preparazione dei campioni**

In considerazione dell’altissima sensibilità del metodo analitico, le procedure di estrazione impiegate per la ricerca di esplosivi in tracce sui reperti in esame, sono state predisposte in modo tale da evitare, in laboratorio, ogni possibile contaminazione dei reperti, con gli esplosivi ricercati.

Al tal fine le procedure impiegate utilizzano sempre materiali monouso e, in tutte le fasi di preparazione dei campioni, ne viene inserito uno, denominato genericamente “bianco”, al fine di intercettare eventuali contaminazioni accidentali.

Sostanzialmente sono state impiegate due differenti procedure di lavaggio dei reperti, scelte sulla base delle caratteristiche proprie dei campioni: i reperti che presentavano superfici lisce e/o in tessuto sono state lavate mediante strofinamento con tamponi monouso “Alcoprep” imbevuti di alcool isopropilico, tutti gli altri reperti sono stati sottoposti a lavaggio diretto con solvente del tipo acetone o acetonitrile.

#### **4.2 Estrazione con solvente delle sostanze esplosive**

Un'aliquota di ciascun reperto è stata singolarmente trattata con un idoneo solvente organico – nel caso specifico, acetone – e la soluzione ottenuta, previa filtrazione e concentrazione sotto corrente di azoto, è stata ripresa con acetonitrile e successivamente analizzata mediante Cromatografia Liquida abbinata alla Spettrometria di Massa ad Altissima Risoluzione con tecnologia “Orbitrap” (UHPLC-HRMS).

#### **4.3 Lavaggio delle superfici con tamponi “Alcoprep”**

I reperti aventi una superficie liscia, o regolare, e non increspata, sono stati lavati per mezzo del tamponamento manuale con delle salviettine imbevute con alcool isopropilico (“Alcoprep”, salviettine monouso confezionate singolarmente). In funzione dell'estensione della superficie del reperto, sono state impiegate una o più salviettine, comunque in numero adeguato a coprire l'intera superficie del reperto. Tutte le operazioni di prelievo delle tracce sono state condotte all'interno di un laboratorio dedicato a tale attività, e per tale motivo preservato da contaminazioni di esplosivi.

Ogni salviettina “Alcoprep”, al termine del campionamento, è stata riposta all'interno di una siringa da laboratorio, in plastica, monouso, e lì conservata fino alla successiva fase di estrazione con solvente.

In un secondo momento, all'interno delle siringhe contenenti le salviettine, per mezzo di un ago si aspiravano circa 2-4 ml di acetonitrile, al fine di estrarre le tracce di esplosivo eventualmente presenti. Dopo qualche minuto di infusione, alla siringa veniva applicato un filtro in nylon da 0,2 µm, attraverso il quale sono state filtrate le soluzioni ottenute dall'estrazione. Le soluzioni filtrate sono state raccolte all'interno di vials da 1,5 ml e all'occorrenza sono state concentrate sotto flusso di azoto fino a volume di 1-0,5 ml.

Le soluzioni così ottenute sono state analizzate in UHPLS-HRMS.

#### 4.4 Metodica analitica per la ricerca degli esplosivi organici

Tutte le soluzioni ottenute dal campionamento o dal lavaggio dei reperti sono state analizzate per mezzo della cromatografia liquida ad altissime prestazioni (UHPLC) accoppiata a uno spettrometro di massa ad altissima risoluzione con tecnologia “FT-Orbitrap”, con sorgente ESI con ionizzazione sia positiva che negativa.

Il riconoscimento degli esplosivi avviene per mezzo dei seguenti parametri:

- tempo di ritenzione in cromatografia;
- determinazione della massa esatta dello ione molecolare (parent) con una risoluzione minima di 35.000 (oppure tra 2 e 5 ppb);
- determinazione della massa esatta degli addotti formati dalle molecole degli esplosivi (come riportato nella tabella seguente);

Analyte	Formula [M]	Mass [m/z]	Polarity	Analyte	Formula [M]	Mass [m/z]	Polarity
AK II	C14H14		Negative	PETN-H	C5H8N4O12	315.00659	Negative
DNT	C7H6N2O4	182.03330	Negative	PETN+Cl35	C5H8N4O12	350.98327	Negative
DNT-H-	C7H6N2O4	181.02548	Negative	PETN+NO3	C5H8N5O15	378.00224	Negative
EGDN	C2H4N2O6	152.00748	Negative	RDX- NO2 + H + Cl37	C3H7N5O4	212.01920	Negative
EGDN-H	C2H4N2O6	150.99966	Negative	RDX-H	C3H6N6O6	221.02761	Negative
HMX-H	C4H8N8O8	295.03923	Negative	RDX-NO2 - H +Cl35	C3H7N5O4	210.00355	Negative
HMX+Cl35	C4H8N8O8	331.01591	Negative	RDX+Cl	C3H6N6O6	257.00428	Negative
HMX+Cl37	C4H8N8O8	333.01300	Negative	RDX+Cl37	C3H6N6O6	259.00130	Negative
HMX+NO2	C4H8N9O10	342.03996	Negative	RDX+NO2	C3H6N7O8	268.02833	Negative
HMX+NO3	C4H8N9O11	358.03488	Negative	RDX+NO2-H	C3H6N7O8	267.02051	Negative
NG	C3H5N3O9	227.00313	Negative	TETRYL-H	C7H5N5O8	286.00654	Negative
NG - 2NO2 + 2H + Cl35	C3H7NO5	172.00182	Negative	TETRYL-NO2	C7H5N4O6	241.02146	Negative
NG - NO2 + H + Cl35	C3H6N2O7	216.98690	Negative	TETRYL-NO2-H	C7H5N4O6	240.01363	Negative
NG-H	C3H5N3O9	225.99530	Negative	TETRYL+Cl35	C7H5N5O8	321.98321	Negative
NG+Cl35	C3H5N3O9	261.97198	Negative	TETRYL+Cl37	C7H5N5O8	323.97917	Negative
NG+Cl37	C3H5N3O9	263.96900	Negative	TETRYL+NO3	C7H5N6O11	349.00218	Negative
NG+NO3	C3H5N4O12	288.99094	Negative	TNT	C7H5N3O6	227.01838	Negative
PENT+Cl37	C5H8N4O12	352.98225	Negative	TNT-H	C7H5N3O6	226.01056	Negative
PENT+NO2	C5H8N5O14	362.00732	Negative	DPA+H	C12H11N	170.09643	Positive
PETN- 2NO2 + 2H + Cl35	C5H10N2O8	261.01312	Negative	EC+H	C17H20N2O	269.16484	Positive
PETN- 3NO2 + 3H + Cl35	C5H11NO6	216.02804	Negative	MC+H	C15H16N2O	241.13354	Positive
PETN- NO2 + H + Cl35	C5H9N3O10	305.99819	Negative				

Per tutti gli esplosivi ricercati è stata eseguita una calibrazione quantitativa al fine di determinare il limite di quantificazione (LOQ) ed il limite di rivelabilità (LOD) degli analiti. Nella tabella che segue sono riportati i valori di LOD e LOQ espressi in ng/ml (ppb) .

	Addotti	Massa TEORICA (m/z)	LOD /LOQ ng/ml (ppb)
NG	M	227,00257	2
	M + Cl-35	261,97198	
	M + Cl-37	263,96901	
	M + NO3	288,99094	