

# Esplosioni subacquee Attenzione agli effetti fisiologici

di **Stefano Scaini**

Dottore in Ingegneria Civile (U.S.A. Doctorate)

Gli esplosivi in ambiente subacqueo espongono ai rischi non solo le strutture sommerse ma anche gli operatori che possono essere impegnati nelle attività di sorveglianza

**L'**impiego "non convenzionale" di esplosivi in ambiente subacqueo, funzionale ad attività di matrice terroristica e criminale, può esporre a particolari rischi non soltanto le strutture immerse di qualsivoglia natura e tipologia ma, anche a ragguardevole distanza, gli operatori subacquei eventualmente impegnati nelle attività di sorveglianza, ovvero di "detection" visiva, e comunque tutte le persone immerse ed interagenti con tale ambiente.

## **Effetti fisiologici delle esplosioni subacquee**

Il cosiddetto "spostamento d'aria" che si propaga dal punto di esplosione nello spazio atmosferico circostante, non è altro che il fronte d'onda di una gigantesca onda di compressione caratterizzata da una massiccia entità di energia meccanica ed acustica.

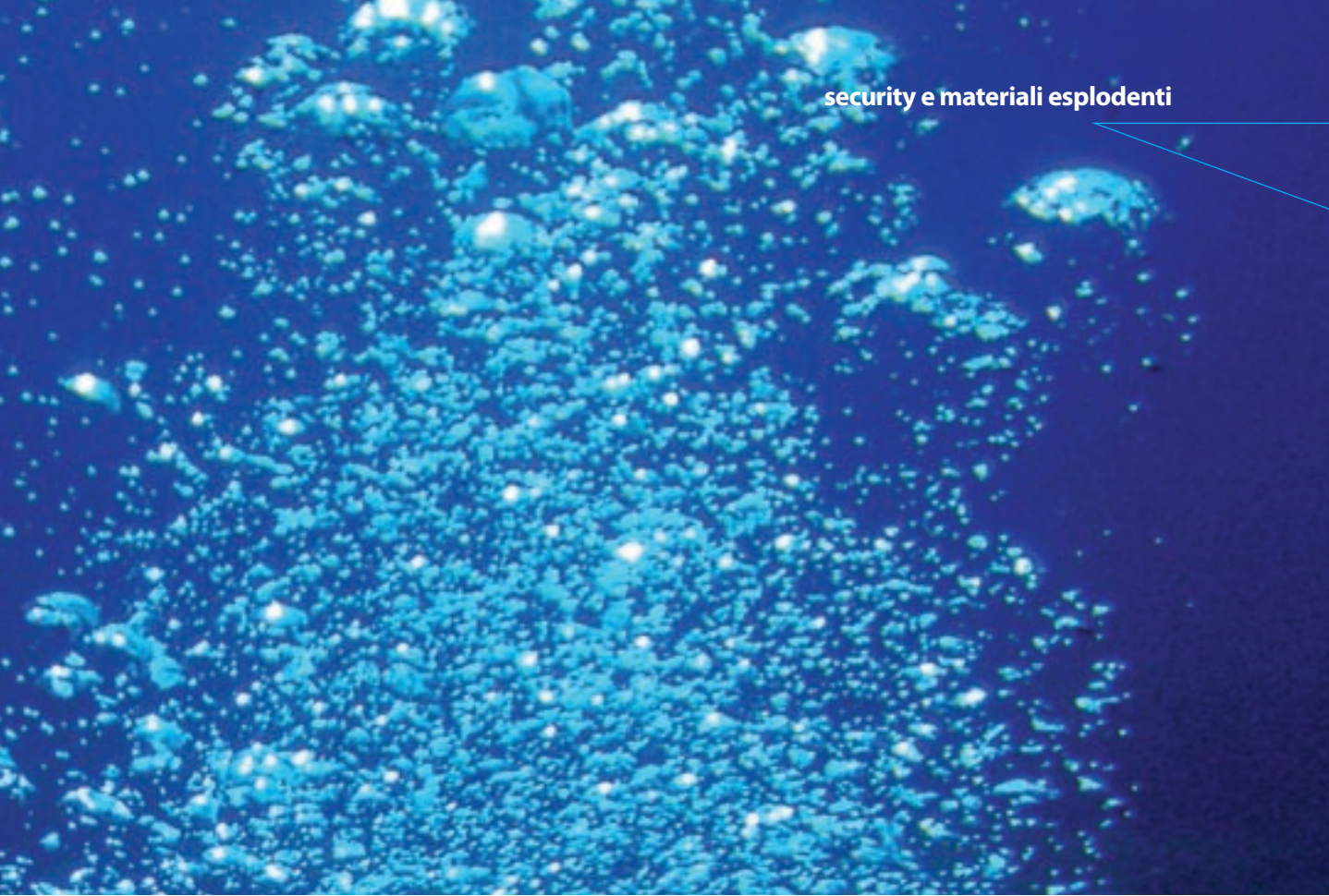
Analogamente a quanto si verifica in aria in seguito ad un'esplosione, anche in acqua si formano onde di pressione ogni qualvolta avviene un'esplosione subacquea, sia essa in

profondità o in acque superficiali. Il fenomeno della propagazione delle onde di esplosione nell'ambiente subacqueo riveste un profondo interesse per due motivi fondamentali: queste onde possono essere ricevute anche a grande distanza dopo un lungo percorso di propagazione nell'ambiente subacqueo e se ne può localizzare la zona di origine e provenienza; i loro effetti rappresentano per sommozzatori ed operatori subacquei immersi un pericolo non trascurabile, anche ad una distanza ragguardevole dalla zona dell'esplosione che le ha generate.

La detonazione di circa 1 Kg di TNT fatto esplodere in immersione nelle acque di Bastia (Corsica), poté essere percepito distintamente mediante idrofoni sistemati presso Tolone (Golfo del Leone)!

Diversi sommozzatori sono deceduti in svariate circostanze per esplosioni verificatesi a considerevole distanza dal punto nel quale si trovavano in immersione.

Il sommozzatore si può trovare esposto a questi rischi in qualunque zona di mare, di lago o di fiume nella quale si immerga, trovandosi soggetto agli effetti e alle conseguenze del-



la cosiddetta “sindrome da esplosione subacquea” (underwater blasting injury, blast liquide, explosion pressure), così come è comunemente definita in campo medico.

Le esperienze fondamentali in questo campo di ricerca furono compiute dagli operatori degli Stati Uniti durante e dopo la seconda guerra mondiale, per appurare quali fossero i limiti di pericolosità delle esplosioni subacquee nei confronti di uomini immersi (naufraghi, piloti di aerei abbattuti, sommozzatori, palombari impegnati in lavori di demolizione e recupero di relitti, ecc.).

In merito alle esperienze dirette effettuate su uomini a corpo libero immersi in acqua, si è rilevato che onde di pressione di valore fino a 1,6 atmosfere possono essere ben tollerate; oltre questo valore si avverte un marcato senso di scuotimento e vibrazione della regione addominale, il quale può essere tuttavia tollerato anche fino a valori di 4,8 atmosfere.

Oltre questi valori di pressione, le lesioni sono inevitabili; quelle più frequenti e più gravi interessano l'apparato uditivo, il senso dell'equilibrio, il volto (rottura della maschera subacquea in corrispondenza del cristallo),

l'addome e il torace. Quello che è particolarmente importante rilevare, è il fatto che le lesioni sono essenzialmente a carico degli organi contenenti gas (intestino, stomaco, polmoni, orecchio, ecc.) e che gli effetti dell'esplosione sono più marcati in corrispondenza di zone che delimitano tessuti pieni di fluidi gassosi od aeriformi (maschera, scafandro elastico del palombaro, muta a volume costante, ecc.).

Le esperienze pratiche e le osservazioni dirette hanno ripetutamente confermato che il palombaro a scafandro elastico, evidentemente a causa del cuscino d'aria comprimibile che circonda il suo corpo, risulta molto più vulnerabile di un subacqueo immerso a corpo libero o protetto da una sola muta di neoprene, ciò, per medesimi valori di pressione generati da esplosioni subacquee.

Inoltre, si è rilevato che gli effetti dell'onda d'urto sono minori se il sommozzatore si trova disposto radialmente, con l'asse del proprio corpo, secondo uno degli infiniti raggi dell'onda sferica che si propaga dal punto dell'esplosione; in altre parole, gli effetti sono minori se il sommozzatore si presenta all'on-



Lo "spostamento d'aria" che si propaga dal punto di esplosione, non è altro che il fronte d'onda di un gigantesco flusso di compressione caratterizzato da una massiccia entità di energia meccanica ed acustica

da di compressione sopraggiungente in modo da offrire la minima superficie possibile all'impatto frontale diretto.

Nel caso di un'esplosione subacquea quindi, gli effetti delle onde di pressione risultano massimi per il palombaro che si trova esposto con gran parte della superficie corporea all'avanzamento dei fronti d'onda (subendo



La propagazione delle onde di esplosione rappresentano per sommozzatori ed operatori subacquei immersi, un pericolo non trascurabile, anche ad una distanza ragguardevole dalla zona dell'esplosione che le ha generate

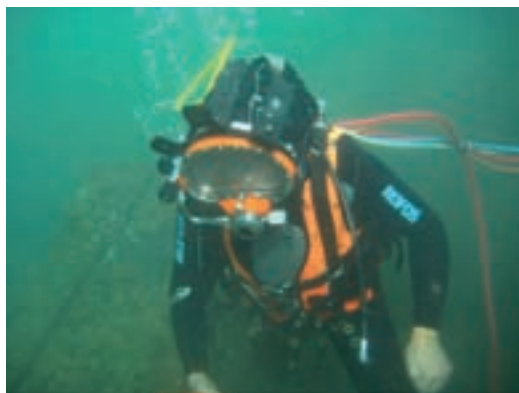
inoltre anche gli effetti del cuscino d'aria del vestito), mentre risultano minimi per il sommozzatore protetto dalla muta di neoprene ed orientato con l'asse del proprio corpo lungo uno degli infiniti raggi della sfera ideale di propagazione dei fronti d'onda.

Mediante l'impiego di un'ideale formula di derivazione anglosassone, è possibile valutare l'entità della pressione (espressa in libbre per pollice quadrato) che si manifesta ad una certa distanza dal punto di un'esplosione subacquea come conseguenza della stessa. Tale formula, valida per il TNT ed ovviamente per tutti gli esplosivi ad alto potenziale, risulta caratterizzata dalla massa dell'esplosivo (espressa in libbre) e dalla distanza (espressa in piedi) tra il punto considerato e quello d'esplosione.

### Compatibilità subacquea dei materiali esplosivi

Osservando l'andamento grafico della pressione in funzione del tempo durante un'esplosione subacquea, si può notare che nel tempo  $T$ , variabile da esplosivo ad esplosivo, la pressione scende sino al 37% del valore iniziale; è quindi evidente che, affinché i danni arrecati dall'esplosione siano notevoli, è bene che la pressione si mantenga la più elevata possibile per il tempo più lungo possibile.

Dunque, gli esplosivi con cui eventualmente



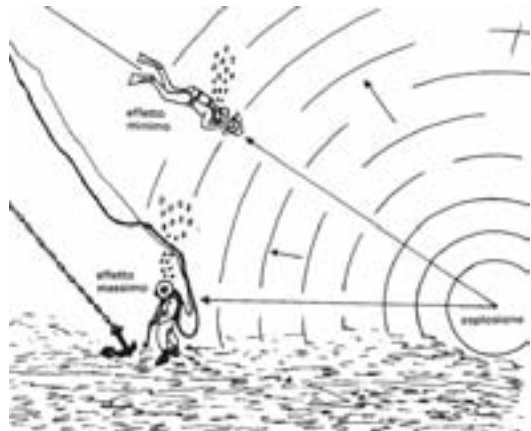
confezionare cariche subacquee. debbono essere scelti tra quelli che hanno una costante di tempo T il più grande possibile.

Tali esplosivi devono cioè avere una reazione esplosiva relativamente lenta, e nel contempo devono essere caratterizzati da un'alta produzione di gas. Se consideriamo gli esplosivi a terra, ci accorgiamo che essi presentano scarse caratteristiche per l'impiego subacqueo; a terra, infatti, è importante concentrare tutta l'energia dell'esplosione in un tempo brevissimo, in quanto la dissipazione di energia è praticamente istantanea (l'aria, che è il mezzo in cui l'esplosione avviene, è altamente comprimibile). Esplosivi particolarmente adatti ad essere impiegati in ambiente subacqueo sono, ad esempio, il Tritolital (Tritolo 60% - T4 20% - Alluminio in polvere 20%), il Torpex (Tritolo 38% - T4 44% - Alluminio in polvere 18%) e l'HBX (Torpex 99% - Cloruro di calcio 1% , quest'ultimo a scopo disidratante).

La caratteristica dell'alluminio, che appare nella composizione di tali esplosivi, è quella di rallentare la reazione esplosiva, di rendere possibile lo sviluppo di una grande quantità di gas e di trasformare l'acqua circostante in vapore surriscaldato; ci troviamo pertanto di fronte ad esplosivi particolarmente idonei ad essere impiegati per attacchi sotto carena.

Le cariche subacquee da impiegare in operazioni di sabotaggio contro strutture navali immerse, devono essere necessariamente caratterizzate da specifici requisiti quali, ad esempio:

- quantitativo e tipo di esplosivo adeguato agli



**Nel caso di un'esplosione subacnea gli effetti delle onde di pressione risultano massimi per il palombaro che si trova esposto con gran parte della superficie corporea all'avanzamento dei fronti d'onda. Mentre risultano minimi per il sommozzatore protetto dalla muta di neoprene ed orientato con l'asse del proprio corpo lungo uno degli infiniti raggi della sfera di propagazione dei fronti d'onda**

effetti distruttivi che si vogliono conseguire;

- spinta zero, per essere facilmente trasportabili dall'operatore in acqua (e non solamente a terra);
- buon profilo idrodinamico, per ridurre lo sforzo meccanico durante il loro trasporto;
- buona impermeabilità.

Le cariche devono inoltre possedere congegni di fissaggio, di regolazione e di accensione, nonché anti-rimozione, i quali devono necessariamente essere di facile messa in opera, di funzionamento sicuro e preciso e con possibilità di attivazione e graduazione anche al buio.



**Stefano Scaini - iDos Italia**  
[stefano.scaini@idositalia.com](mailto:stefano.scaini@idositalia.com)

Sul portale [www.spaziosecurity.it](http://www.spaziosecurity.it) sezione **Riviste On Line**, potrà scaricare e consultare il PDF di questo articolo