



## **PROGRAMMA NAZIONALE DI RICERCHE IN ANTARTIDE**

# **IMMERSIONI IN ANTARTIDE**

a cura di F. Catalano, A. Della Rovere e R. Palozzi

**ANT 2010/06**



## **INDICE**

**Premessa** Pag. 1

### **CAPITOLO 1**

**NORME SANITARIE E IDONEITÀ FISICA** Pag. 3

**1.1 Elementi di fisiologia umana** Pag. 3

1.1.1 Aumento della pressione esterna Pag. 4

1.1.2 Diminuzione della pressione esterna Pag. 5

1.1.3 Segni di insorgenza della Malattia da Decompressione Pag. 7

1.1.4 Diminuzione della temperatura corporea Pag. 7

**1.2 Cosa non fare** Pag. 9

**1.3 Cosa fare** Pag. 9

**1.4 In pratica** Pag.10

1.4.1 Sintomi che facciano sospettare una MDD Pag.10

**1.5 La prevenzione** Pag.11

1.5.1 Visita medica di idoneità Pag.11

### **CAPITOLO 2**

**ORGANIZZAZIONE PROGRAMMA SUBACQUEO** Pag.13

**2.1 Struttura operativa settore immersioni** Pag.13

**2.2 Tipologia immersioni** Pag.13

2.2.1 Personale per attività subacquee Pag.13

2.2.2 Schemi di immersione Pag.14

2.2.3 Definizione delle immersioni Pag.15

2.2.4 Qualifiche sommozzatori Pag.17

**2.3 Preparazione sub** Pag.17

2.3.1 Il corso Pag.17

**2.4 Gestione della camera iperbarica** Pag.18

### **CAPITOLO 3**

**ATTREZZATURE** Pag.21

**3.1 La muta e gli indumenti sottomuta** Pag.22

3.1.1 Neoprene Pag.22

3.1.2 Trilaminato Pag.23

3.1.3 Gomma vulcanizzata	Pag.23
<b>3.2 Guanti</b>	Pag.25
<b>3.3 Maschera e gran-facciale</b>	Pag.25
<b>3.4 Pinne</b>	Pag.26
<b>3.5 Giubbetto Assetto Variabile</b>	Pag.26
<b>3.6 Bombole</b>	Pag.27
<b>3.7 Erogatori</b>	Pag.28
<b>3.8 Computer e tabelle</b>	Pag.29
<b>3.9 Accessori</b>	Pag. 30
<b><u>CAPITOLO 4</u></b>	
CONFIGURAZIONE E MANUTENZIONE	Pag.31
<b>4.1 Ridondanza e minimalismo</b>	Pag.31
<b>4.2 Configurazione</b>	Pag.31
<b>4.3 Manutenzione</b>	Pag.32
<b><u>CAPITOLO 5</u></b>	
FATTORI AMBIENTALI	Pag.35
<b>5.1 Tipologie di ghiaccio</b>	Pag.35
<b><u>CAPITOLO 6</u></b>	
PREPARAZIONE ALLE IMMERSIONI	Pag.41
<b>6.1 Allestimento campo</b>	Pag.41
<b>6.2 Realizzazione foro</b>	Pag.41
6.2.1 Apertura manuale	Pag.42
6.2.2 Apertura motorizzata – carotiere	Pag.42
<b>6.3 Container di protezione</b>	Pag.42

## **CAPITOLO 7**

PIANIFICAZIONE E CONDUZIONE DELL'IMMERSIONE	Pag.45
<b>7.1 Briefing</b>	Pag.45
<b>7.2 Debriefing</b>	Pag.45
<b>7.3 Modulo di immersione</b>	Pag.45
<b>7.4 Tecnica di immersione</b>	Pag.45
7.4.1 Osservazioni preliminari	Pag.45
7.4.2 Immersione da foro	Pag.46
7.4.3 Immersione in acque libere	Pag.50
7.4.4 Immersione con miscele iperossigenate –Nitrox	Pag.50
7.4.5 Immersione in atmosfera rarefatta – Alta Quota	Pag.52

## **CAPITOLO 8**

INTERAZIONI CON LA VITA SOTTOMARINA	Pag.55
<b>8.1 Forme di vita pericolose</b>	Pag.55
8.1.1 Otaria orsina antartica	Pag.58
8.1.2 Elefante marino del sud	Pag.59
8.1.3 Foca leopardo	Pag.60
8.1.4 Foca cancrivora	Pag.61
8.1.5 Foca di Weddell	Pag.62
8.1.6 Orca	Pag.64

## **APPENDICE**

Info autori	Pag.65
Allegati: Tabb. 1-2-3	Pag.69



## Premessa

Benché le prime immersioni condotte in acque polari antartiche da sommozzatori italiani risalgano ad una spedizione della GRSTS-AMF Mares nel 1974, è solo con la nascita del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) e la costruzione della prima base italiana antartica nella baia di Terra Nova nel 1986 (Il Spedizione) che l'Italia ha dato il via ad attività subacquee scientifiche strutturate.

Nei complessivi 25 anni di storia del PNRA i progetti di ricerca (ma anche programmi di lavoro di carattere logistico), a supporto dei quali sono state richieste ed autorizzate operazioni in acqua condotte con apparati SCUBA, sono incrementati notevolmente ponendo all'attenzione dei responsabili del programma antartico la necessità di ridefinire periodicamente la regolamentazione ed i protocolli di immersione, al fine di garantire la massima sicurezza possibile degli operatori subacquei.

Si sono così succedute nel tempo alcune pubblicazioni che hanno riportato le linee guida del PNRA in materia di immersioni in Antartide: questo IV (quarto) manuale è la più recente evoluzione di questo processo teso a massimizzare la sicurezza dell'attività subacquea. e ha anche l'ambizioso obiettivo di far arrivare il bagaglio di esperienze raccolto nei 25 anni di immersioni polari italiane in Antartide al confronto del palcoscenico internazionale, con la volontà e la determinazione di fornire un contributo importante all'evoluzione della disciplina subacquea polare.

Nella stesura di questo manuale sono stati riconsiderati molti aspetti fondamentali. Il risultato di tali considerazioni è una discontinuità rispetto al passato. Sono stati, infatti, ridefiniti: tutti i ruoli;

- le competenze e le qualifiche necessarie per sottoporre la propria candidatura a diventare sommozzatori del PNRA;
- le procedure di immersione, anche pre e post-immersione.

Inoltre, viene introdotto un corso formativo, nonché valutativo, al cui positivo superamento è subordinata l'autorizzazione alle immersioni in Antartide nell'ambito delle attività del PNRA.

Come è noto l'ostilità e la severità degli ambienti polari mettono a dura prova non solo le attrezzature ma anche e soprattutto la resistenza psico-fisica dell'essere umano.

La necessità di un'adeguata selezione e preparazione è, pertanto, ancora più avvertita per coloro che scivoleranno con le bombole nelle acque più fredde di tutto il pianeta.

Con ogni probabilità le esplorazioni subacquee delle aree polari saranno una delle prossime e più importanti frontiere della ricerca scientifica in Artide e in Antartide e l'Italia vuole farsi trovare pronta ed attrezzata ad accettare questa sfida, nel contesto di reciproco aiuto e mutuo sostegno con i suoi partner internazionali, proprio del Trattato Antartico.

Al momento della redazione di questo manuale, per quanto riguarda la pratica della subacquea scientifica, l'Italia – contrariamente a quasi tutti gli altri paesi occidentali più evoluti in tale ambito – non ha ancora provveduto a dotarsi di una normativa ufficiale che la regolamenti (anche se in Parlamento è in discussione una proposta di legge che dovrebbe finalmente portare alla normazione ufficiale del settore).

Nel momento in cui anche l'Italia dovesse aderire formalmente e completamente allo *European Scientific Diving Panel* (ESDP), il PNRA potrà richiedere che i ricercatori impegnati in progetti scientifici in Antartide che prevedano attività di subacquea scientifica dovranno conseguire la certificazione di *European Scientific Diver* (ESD) o di *Advanced European Scientific Diver* (AESD), al fine di uniformarsi agli standard internazionali. Così come fortemente auspicato dalla comunità scientifica nazionale e internazionale.

La presentazione ufficiale a livello internazionale di questo manuale operativo di immersioni del PNRA è avvenuta nel corso del "2nd International Symposium on Occupational-Scientific-Diving (ISOSD2009) of ESDP" organizzato dall'Università di Helsinki in Finlandia a ottobre 2009.





## CAPITOLO 1

### NORME SANITARIE E IDONEITA' FISICA

#### 1.1 Elementi di fisiologia umana

La conoscenza di nozioni elementari di fisiologia umana (normalmente insegnate anche nei corsi subacquei ricreativi) risulta essere imprescindibile per poter comprendere e gestire adeguatamente le possibili alterazioni fisiologiche indotte dalle immersioni subacquee, soprattutto quando queste si svolgono in acque gelide.

Prima di tutto occorre sapere cosa si intende per respirazione.

Gli elementi essenziali della nostra sopravvivenza sono l'ossigeno (O<sub>2</sub>) e i substrati nutritivi – in particolare il glucosio (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>). Combinati insieme all'interno delle nostre cellule ne consentono il metabolismo che, a seconda della specializzazione dei singoli tessuti, consiste nella crescita, nella trasmissione degli impulsi nervosi, nella produzione di energia, nella duplicazione ecc.

Tale processo è chiamato respirazione cellulare perché l'ossigeno molecolare è l'accettore finale di elettroni nelle reazioni di ossidoriduzione le quali, a partire dai substrati organici, liberano energia e producono anidride carbonica (da eliminare).

La più classica di queste reazioni è:



Più in generale, però, la respirazione comunemente intesa è quel processo che, partendo dalla immissione di aria nei polmoni – INSPIRAZIONE – e tramite l'azione di quella pompa idraulica conosciuta come “cuore”, porta ossigeno attraverso le arterie, le arteriole ed i capillari a tutti i distretti corporei dove, combinandosi con il glucosio (o altre molecole di zuccheri, grassi e amminoacidi) proveniente dalla alimentazione, dà origine a tutta la serie di attività che producono energia e calore (RESPIRAZIONE CELLULARE). Il prodotto di “scarto” di tali processi è l'anidride carbonica che, attraverso le vene, ritorna ai polmoni per essere espulso con l'ESPIRAZIONE.

Per poter capire come i gas passino dallo stato gassoso nei polmoni a quello in soluzione nel sangue e viceversa è necessario far ricorso alla **legge di Henry** che recita:

“un gas che esercita una pressione sulla superficie di un liquido vi entra in soluzione finché avrà raggiunto in quel liquido la stessa pressione che esercita sopra di esso”.

O, in maniera equivalente:

“a temperatura costante, la quantità di gas che si scioglie in un liquido risulta direttamente proporzionale alla pressione che il gas esercita sulla superficie del liquido e dipende dalla natura del gas disciolto e del liquido in cui esso si scioglie”.

Al nostro organismo, però, il solo quantitativo di ossigeno disciolto (entrato in soluzione) nel sangue non sarebbe sufficiente per ottemperare a tutte le sue necessità metaboliche; è per questo che intervengono i globuli rossi, cellule adibite alla cattura di altro ossigeno, sprovviste di nucleo per non essere esse stesse responsabili del consumo del prezioso elemento.

Nell'aria (che con l'inspirazione viene immessa nei polmoni - aria atmosferica o NORMOSSICA), tuttavia, l'ossigeno è presente solo al 20,96% mentre l'azoto (N<sub>2</sub>) è presente al 78%, l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) allo 0,03%, l'argon (Ar<sub>2</sub>) allo 0,8% ed altri gas allo 0,21%. Questi gas presenti nell'aria si discioglieranno nel sangue seguendo i principi della citata legge di Henry, comportandosi ciascuno come se fosse da solo in quel dato volume di aria.

Tale comportamento dei gas è descritto dalla **legge di Dalton**:

“la pressione totale esercitata da una miscela di gas ideali è uguale alla somma delle pressioni parziali che sarebbero esercitate dai gas se fossero presenti singolarmente in eguale volume”.

Ne consegue che aumentando la pressione ambientale aumenterà linearmente la quantità di gas disciolti nel sangue, ma la proporzione percentuale tra i singoli elementi resterà invariata.

Il circolo sanguigno non è comunque un sistema “stagno”. Come accade per l’ossigeno, anche gli altri gas vengono rilasciati nei tessuti e poiché l’azoto è percentualmente il gas maggiormente presente nell’aria, la sua concentrazione nei tessuti, all’aumentare della pressione ambientale, sarà notevolmente superiore a quella degli altri gas.

Ciò premesso e tenendo ben presente 2 fondamentali principi relativi ai processi di saturazione gassosa in base ai quali:

- il tempo di saturazione è uguale a quello di desaturazione (anche se è importante precisare che questa è una approssimazione derivante dalle teorie di Haldane che tengono conto solo della perfusione tra tessuto e tessuto e non anche della diffusione dei gas all’interno dei tessuti. Il tempo di desaturazione è, più correttamente, un po’ maggiore di quello di saturazione per via delle modificazioni ai complessi processi metabolici e allo stato dei tessuti che intervengono in immersione);
- maggiore è la differenza tra pressione e tensione e maggiore sarà, a parità di tempo, la quantità di gas che entra nel liquido (o che ne esce);

gli stati fisici più importanti che possono incidere, a volte in modo drammatico, sullo stato di salute del subacqueo in immersione sono 3:

1. l’aumento della pressione esterna (**iperbarismo**)
2. la diminuzione della pressione esterna (**ipobarismo**)
3. la diminuzione di temperatura (**ipotermia**).

### 1.1.1 Aumento della pressione esterna

L’aumento della pressione esterna è condizione inevitabile in una immersione nella fase di discesa.

Esso non crea di per sé danni all’organismo, ma crea i presupposti perché questi possano verificarsi.

Come è intuibile le parti solide del corpo umano resistono bene anche a pressioni notevoli. Le parti contenenti aria, invece, sono molto più soggette alla compressione; in particolare i nostri alveoli polmonari si riducono notevolmente di dimensione lasciando, percentualmente, molto più spazio ai liquidi (sangue e liquidi interstiziali) per definizione incompressibili, o quasi.

Al fine di consentire una respirazione corretta anche sott’acqua, gli autorespiratori devono erogare aria, o altre miscele gassose, a una pressione equivalente alla pressione esterna alla quale il sommozzatore è esposto; pressione che varierà continuamente ad ogni variare della profondità durante l’immersione.

Sfortunatamente l’aria è una miscela gassosa che ha la “cattiva abitudine” (come qualunque altra miscela gassosa) di tendere alla saturazione dei tessuti con velocità che variano sensibilmente a seconda del tessuto interessato: a parità di pressione, infatti, il sangue – tessuto molto veloce - raggiungerà il livello di saturazione molto prima del tessuto adiposo che, invece, è tra i più lenti in quanto scarsamente vascolarizzato.

Come sottolineato in precedenza, anche il procedimento inverso si svolgerà secondo modalità speculari (anzi, per quanto sopra precisato, in maniera un po' più lenta) e, pertanto, la desaturazione avverrà molto più velocemente nel sangue che nel tessuto adiposo. Ma mentre l'ossigeno viene consumato dalle reazioni metaboliche della respirazione cellulare, l'azoto (notoriamente un gas inerte, nel senso che non prende parte alle reazioni metaboliche in oggetto) necessita di un certo periodo di tempo per fuoriuscire dai tessuti nei quali si è sciolto durante la fase dell'immersione senza creare complicazioni.

La soluzione a questo inconveniente potrebbe apparire semplice ed immediata: respirare ossigeno puro eliminando, così, il "dannoso" azoto e qualunque altro gas dalla miscela respiratoria). Purtroppo, però, a una pressione superiore alle 2 atmosfere (ATM), equivalenti alla profondità di appena 10 metri sotto il livello del mare, questo si legherebbe in modo definitivo al globulo rosso e non sarebbe più rilasciato nei tessuti per svolgere la sua vitale azione. L'ossigeno, cioè (sembra paradossale), diventerebbe tossico!

Il limite di pressione parziale di ossigeno al di sotto del quale non si dovrebbe correre il rischio della tossicità è stato indicato dalla NOAA in 1,6 ATM (corrispondenti a circa 67 metri di profondità respirando aria atmosferica) per le immersioni ricreative in mare che non comportino particolari affaticamenti; per ogni fattore di aggravio delle condizioni psico-fisiche del sommozzatore in immersione (freddo, corrente, trasporto attrezzature ingombranti, scarsa visibilità, etc.) tale limite deve essere diminuito di 0,1 ATM.

Per questo motivo le miscele iperossigenate (NITROX) hanno un range batimetrico di utilizzo più limitato rispetto a quello dell'aria atmosferica in maniera proporzionalmente diretta alla frazione di ossigeno impiegata.

È evidente che i grandi vantaggi derivanti da una minore frazione di azoto respirata in immersione (curva di sicurezza più spostata in avanti, minore incidenza della narcosi d'azoto, tempi di Non Volo ridotti, etc.) rendono le immersioni più sicure e produttive. (Si veda il paragrafo 7.4.4 dedicato alle miscele ossigenate)

### 1.1.2 Diminuzione della pressione esterna

**La diminuzione della pressione esterna** si verifica durante la risalita e in considerazione di quanto descritto nei paragrafi precedenti, è la condizione che sottopone l'organismo al maggior pericolo.

Una decompressione rapida e incontrollata - come può, ad esempio, avvenire per una "pallonata" a seguito di un guasto o della scorretta gestione del Giubbetto ad Assetto Variabile (GAV) -, facendo ritornare tumultuosamente in soluzione l'ossigeno e l'azoto disciolti nel sangue (legge di Henry) allo stato gassoso da quello molecolare, provoca nei vasi sanguigni l'insorgenza di bolle di dimensioni rapidamente crescenti (legge di Boyle e Mariotte) che possono provocare danni anche molto gravi e irreversibili definiti, nel loro insieme, **Patologia Da Decompressione (PDD)**.

E naturalmente, per quanto già detto, gli organi con maggiore contenuto adiposo (o comunque con velocità di saturazione/desaturazione più lente) saranno quelli sottoposti a maggiore rischio. Il tessuto nervoso, ricco di lipidi, è di conseguenza particolarmente esposto al rischio della trasformazione gassosa dell'azoto disciolto (PDD) ed è facilmente intuibile quanto i danni al suo interno potrebbero risultare gravi.

Dare il tempo all'azoto di essere espulso in fase molecolare dai tessuti rallentando l'emersione e/o mediante pause nel percorso (tappe di decompressione) impedisce l'insorgenza della **Malattia Da Decompressione (MDD)**, la manifestazione più ricorrente della PDD.

Data la condizione di sovra-saturazione dei tessuti al momento della riemersione bisogna assolutamente evitare di sottoporre l'organismo a significative riduzioni della pressione ambiente, come avverrebbe negli spostamenti in aeromobile (**TEMPO DI NON VOLO – NO FLY**).



Fig.1: in Antartide gli spostamenti interni avvengono con l'elicottero o un bimotore.

In particolare, un volo non pressurizzato (tipico dei trasferimenti aerei in Antartide con elicotteri e Twin Otter) a quote superiori ai 300 metri di altitudine è da evitare nelle 24 ore successive all'immersione. Se, per cause di forza maggiore, non si possa soprassedere ad un trasferimento in elicottero, il pilota deve essere informato di tale limite e al sommozzatore deve essere somministrato ossigeno puro per tutta la durata del trasferimento.

Anche i voli di linea pressurizzati devono essere evitati nelle 24 ore successive all'immersione in quanto la pressione di pressurizzazione degli aeromobili è equivalente a quella atmosferica alla quota di circa 2.200 – 2.400 metri.

Sarebbe superfluo riportare in questo manuale le note tabelle di decompressione (in particolare quelle redatte e pubblicate dalla U.S. Navy), obbligatoriamente conosciute da qualunque subacqueo di ogni livello, ma è doveroso ricordare, sia pur sommariamente, che per le immersioni

in quota (come ad esempio nei laghi glaciali della Dry Valley in Antartide), essendo la pressione atmosferica di molto inferiore ai 1013 hPa (quella presente a livello del mare alle basse e medie latitudini), devono essere utilizzate e consultate delle particolari tabelle “corrette” che tengono debitamente conto della condizione di ipobarismo atmosferico. (Si veda il paragrafo 7.4.5, dedicato alle immersioni in atmosfera rarefatta).

### 1.1.3 Segni di insorgenza della Malattia da Decompressione

La semeiotica, lo studio dei segni clinici, ci informa dei sintomi che devono metterci in allarme.

Il primo segnale d'avvertimento sulla possibilità che siano state condotte manovre scorrette che potrebbero portare all'insorgenza della MDD in un sommozzatore appena riemerso (si ricordi che statisticamente la MDD può insorgere nell'83% dei casi nelle prime 8 ore successive al termine dell'immersione e nel 98%, nelle prime 24 ore; ma sono documentati casi – rari - di MDD sopravvenute nelle 48 ore successive) dovrebbe essere “*la coscienza sporca*”, ovvero il timore – più o meno espresso – di non aver rispettato la curva di sicurezza o i tempi/tappe di decompressione. Non si può comunque escludere che altri fattori (*condizioni fisiche non ottimali, stress, affanno, affaticamento, risalite in emergenza*) possano interferire su una corretta pianificazione della immersione e dei suoi tempi di risalita.

In questi casi riconoscere i primi sintomi (quali formicolii, dolori articolari, vertigini, nausea, vomito, fino allo stato confusionale, perdita di conoscenza e paralisi corporea. Si veda più avanti nel capitolo) può consentire di prendere tempestivamente gli adeguati provvedimenti. La *ricompressione terapeutica* o terapia iperbarica è, infatti, tanto più efficace quanto più precocemente venga eseguita.

La Stazione italiana “Mario Zucchelli” è corredata di una camera iperbarica che, in caso di necessità, verrà gestita dal servizio sanitario di spedizione con la collaborazione del Diving Technician.

Sono praticabili terapie in aria e, per ridurre drasticamente i tempi di decompressione, anche in ossigeno ad alta pressione secondo schemi terapeutici ben definiti e consolidati, nei limiti imposti dalla sua potenziale tossicità e con le cautele dovute alla sua infiammabilità.

In camera iperbarica si entra, tassativamente, senza scarpe e senza indossare tessuti sintetici che potrebbero essere carichi elettrostaticamente.

### 1.1.4 Diminuzione della temperatura corporea

**La diminuzione della temperatura corporea** è anch'essa condizione inevitabile in una immersione subacquea, anche in acque temperate.

Il contatto con l'acqua sottrae calore al corpo umano ad una velocità che dipende, oltre che dalla temperatura del mezzo stesso, anche dal grado di isolamento termico che il subacqueo può ottenere attraverso gli indumenti. In acque gelide si considera ormai imprescindibile l'uso di mute stagne al di sotto delle quali vanno indossati sottomuta e/o altri indumenti adeguati (dal punto di vista della protezione dal freddo) al tipo di immersione che si va ad affrontare, che restino asciutti.

La dispersione termica, però, avviene in maniera significativa anche attraverso la respirazione per il rapido raffreddamento dell'aria inalata nel suo processo di espansione dalle bombole alla pressione di erogazione finale.

È una conseguenza della seconda legge di Gay Lussac:

“in condizioni di volume costante la pressione di un gas aumenta linearmente con la temperatura”;

e quindi, diminuendo la pressione (a seguito della repentina espansione dei volumi dell'aria nel tragitto dalle bombole al secondo stadio dell'erogatore), diminuisce anche la temperatura.

Respirando questa aria fredda – se non gelida – abbassiamo inevitabilmente la temperatura del nostro corpo.

Le capacità di adattamento dell'organismo umano, però, sono notevoli ed esso ricorre a tutti i suoi meccanismi omeostatici per cercare di evitare che la temperatura corporea scenda al di sotto del livello minimo tollerabile (**IPOTERMIA**).

All'eccessivo raffreddamento l'organismo reagisce attivando tutti i processi metabolici a reazione esotermica (che, cioè, producono calore), consumando grandi quantità di glucosio e dando il via a movimenti muscolari semivolontari (i brividi) generatori di calore. Quando la battaglia diventa impari e non si riesce ad arrestare la caduta di temperatura, il corpo ricorre *in extremis* ad un artificio ereditato da suoi remoti predecessori, i rettili: sacrifica le parti meno vitali, come gli arti, concentrando il calore residuo per salvaguardare l'**asse nobile** costituito dalla testa (che contiene il cervello) e il tronco (che contiene gli organi più importanti – su tutti il *cuore* - per la sopravvivenza).

Tale scopo viene raggiunto riducendo al massimo la quantità di sangue che va in periferia, sia mediante una riduzione di calibro dei vasi sanguigni (*vasocostrizione*), sia chiudendo le valvole alle radici degli arti e cortocircuitando il flusso sanguigno (*shunt arterovenosi*).

La sensazione che il subacqueo avverte in questo caso è un senso di torpore degli arti che si sostituisce ai brividi precedentemente sperimentati.

Se la temperatura corporea, normalmente compresa tra i 36 °C ed i 37 °C, scende al di sotto dei 35 °C, i processi metabolici cominciano a rallentare. Non a caso, infatti, l'ipotermia indotta artificialmente è utilizzata in cardiocirurgia per avere più margine di tempo per interventi a cuore fermo.

Con una ipotermia lieve, tra i 34 °C ed i 36 °C:

- compare confusione mentale fino all'amnesia;
- aumenta la frequenza cardiaca;
- aumenta la frequenza respiratoria;
- si avverte lo stimolo a urinare urgentemente.

Con una ipotermia moderata, tra i 30 °C ed i 34 °C:

- i sintomi si fanno più rilevanti;
- il brivido tende a scomparire;
- la frequenza cardiaca e la frequenza respiratoria si riducono;
- il subacqueo-paziente non avverte più l'impellente stimolo ad urinare;
- possono comparire convulsioni, fino ad arrivare alla perdita di coscienza.

Con una ipotermia severa, al di sotto dei 30 °C:

- il paziente va in coma;
- la frequenza cardiaca è talmente rallentata che possono comparire fibrillazioni ventricolari (<28 °C) o arresto cardiaco (<20 °C);
- la respirazione si ferma;
- il corpo diventa talmente rigido da simulare il *rigor mortis*.

A queste temperature, le probabilità che il paziente deceda sono elevatissime e solo un trattamento altamente specializzato e tempestivo potrebbe "rivitalizzarlo".

## 1.2 Cosa non fare

Anche allo scopo di demolire le molte leggende metropolitane, ma soprattutto per garantire all'infortunato un intervento positivo e risolutivo, è del tutto necessario conoscere in primo luogo le azioni che **non si devono compiere** nei confronti di un assiderato (nel nostro caso una volta riportato in superficie, possibilmente estraendolo dall'acqua in posizione supina o ponendolo in posizione supina appena possibile):

- **Non somministrare alcoolici.** L'alcool provocherebbe una vasodilatazione con ulteriore perdita di calore.
- **Non massaggiare o strofinare la pelle.** I massaggi e gli sfregamenti richiamerebbero sangue verso la superficie corporea sottraendolo agli organi interni che in queste circostanze ne hanno molto più bisogno.

## 1.3 Cosa fare

Le **azioni utili** sono invece:

- portare subito l'assiderato in un ambiente protetto;
- togliere la muta e tutti gli eventuali indumenti bagnati;
- avvolgere l'incidentato, inclusa la testa, in una "Metalline" (sottile foglio metallizzato con superficie esterna dorata) allo scopo di prevenire ulteriori dispersioni di calore;
- somministrare bevande calde, non alcoliche, in caso l'infortunato sia ancora vigile e collaborante;
- infilarlo in un sacco a pelo, possibilmente riscaldato ad aria o mettergli accanto, nel sacco a pelo stesso, un'altra persona nuda che possa trasmettergli il proprio calore corporeo;
- somministrare ossigeno puro con maschera Ambu;
- tenersi pronti per una rianimazione cardiorespiratoria.

Ogni altro atto terapeutico deve essere compiuto da un medico o da personale infermieristico specializzato in quanto potrebbe provocare gravi aritmie cardiache.

Senza giungere a tali situazioni estreme, vi sono altri elementi degni di considerazione.

La desaturazione da azoto (ovvero il ritorno dell'azoto disciolto nei tessuti verso il circolo venoso e quindi ai polmoni per essere espirato) è funzione anche del gradiente termico che, così come accade solitamente in acque temperate, è positivo dal basso verso l'alto (in risalita). I gas, infatti, si sciolgono in maniera più accentuata in un liquido al diminuire della temperatura. Anche in acque gelide, in misura molto inferiore, si può rilevare un aumento della temperatura ambientale durante la risalita e ciò facilita l'emissione di azoto.

Sotto la calotta di ghiaccio, però, tale gradiente è praticamente inesistente e questo fattore contribuisce a rendere ancora più impegnative e rischiose le immersioni in Antartide.

Tuttavia, se si sono superati i limiti della ipotermia per cui improvvisamente i vasi sanguigni degli arti tornano a dilatarsi, una grande quantità di sangue "freddo" rientra nei circuiti principali del corpo del sommozzatore raffreddandolo ulteriormente anche durante la risalita.

Recenti studi scientifici hanno dimostrato l'incremento di rischio di malattie da decompressione dovuto a questa "reazione inversa".

Altro comportamento fondamentale a cui uniformarsi prima di intraprendere immersioni in acque gelide è quello di svolgere una limitata attività fisica prima dell'inizio della attività subacquea, ma mai dopo l'immersione.

- Niente esercizi ginnici nelle ore successive l'immersione, a parte alcuni giri di corsa lenta attorno al foro per generare una modesta quantità di calore endogeno.
- Niente doccia calda. Il riscaldamento improvviso provocherebbe una vasodilatazione con creazione di turbolenze all'interno dei vasi sanguigni e confluenza di bolle gassose pericolosissime.

In questi casi, definibili come ipotermia di medio grado, è comunque utile la somministrazione di ossigeno dopo l'emersione. Il subacqueo assiderato deve essere portato al più presto in ambiente protetto dal vento.

N.B. Iniziare la procedura di riscaldamento del paziente solo avendo la ragionevole certezza che egli, per qualunque motivo, non vada incontro a nuovo raffreddamento corporeo. Infatti il riscaldamento provoca vasodilatazione periferica che, in caso di nuova esposizione al freddo, renderebbe estremamente rapida la dissipazione di calore senza che l'organismo riesca ancora ad attivare i propri meccanismi di difesa (vasocostrizione, chiusura degli *shunt arterovenosi*).

## 1.4 In pratica

### a) In caso di Embolia Gassosa Arteriosa (EGA):

si tratta di una condizione di gravità assoluta. In genere il subacqueo arriva in superficie incosciente. In questo caso attuare tutte le procedure di rianimazione cardiorespiratoria o respiratoria (**ABC** - **A**ir, **B**reathing, **C**ardiac Pulse). Potrebbe avere fuoriuscita di sangue misto a bolle di aria dalla bocca una volta rimosso l'erogatore, segno di rottura di vasi sanguigni polmonari. Se respira autonomamente, somministrare ossigeno puro e portarlo in camera iperbarica nel più breve tempo possibile.

### b) In caso di grave ipotermia:

il subacqueo è incosciente e non si muove, o è in grave stato confusionale e si muove con difficoltà. Occorre riscaldarlo, lentamente e progressivamente, ma soprattutto sottrarlo alle condizioni che possano continuare a fargli disperdere calore. Creare una barriera fisica al vento, coprirlo con Metalline, organizzare un rapido trasporto in un rifugio definitivo per evitargli una successiva, pericolosa, ulteriore perdita di calore. Una volta al sicuro, spogliarlo dagli eventuali indumenti bagnati, coprirlo con delle coperte o, meglio, infilarlo in un sacco a pelo; riempire delle bottiglie con acqua tiepida (massimo 40°) da posizionare sotto le ascelle e in corrispondenza degli inguini; se cosciente somministrare bevande calde – non bollenti; e ricordarsi che appena starà meglio dovrà essere sottoposto a terapia iperbarica, ma ben coperto con indumenti sicuramente non sintetici.

### 1.4.1 Sintomi che facciano sospettare una malattia da decompressione (MDD)

1. Sintomi lievi (MDD di primo tipo)
  - 1.1. prurito, arrossamenti cutanei (se presenti macchie bluastre considerarle sintomi di MDD di secondo tipo);
  - 1.2. dolore alle articolazioni, soprattutto gomiti, ginocchia o mani;
  - 1.3. noduli sottocutanei;



2. Sintomi gravi (MDD di secondo tipo)
  - 2.1 disturbi della visione, difficoltà motorie, difficoltà nella parola, formicolio o insensibilità nelle gambe, paralisi;
  - 2.2 senso di spossatezza sproporzionato al tipo di sforzo affrontato nell'immersione;
  - 2.3 difficoltà respiratorie e/o aumento della frequenza respiratoria e tosse stizzosa;
  - 2.4 violente vertigini, nausea e vomito, perdita di equilibrio, difficoltà uditive, ronzii.

Con questi sintomi è sempre indicata la terapia iperbarica.

## 1.5 La prevenzione

### 1.5.1 Visita medica di idoneità

Tutto ciò premesso, risulta evidente quanto l'organismo umano venga messo a dura prova sia dal punto di vista fisico che dal punto di vista psicologico durante una immersione in acque gelide. Le sue condizioni devono, pertanto, essere OTTIME.

La valutazione dell'adeguato stato sanitario di un sommozzatore candidato ad essere ammesso ai programmi subacquei antartici del PNRA viene effettuata con un approfondito screening medico e psicoattitudinale.

Al personale scientifico e tecnico che debba svolgere attività subacquea in Antartide vengono richiesti requisiti psico-fisici di livello superiore (**idoneità medica alla Classe 2**):

- visita medica generale con raccolta di una accurata anamnesi ed un attento esame obiettivo
- esami ematochimici
- esami radiografici (Rx torace, Rx addome, Ortopantomografia dentaria)
- esami ecografici (addome superiore ed inferiore, prostata)
- visita cardiologica con elettrocardiogramma di base e sotto sforzo (cicloergometria)
- visita broncopneumologica con spirometria a riposo e dopo sforzo
- visita neurologica con elettroencefalogramma
- visita ortopedica
- visita oculistica con misurazione del tono oculare ed esame del fondo oculare
- visita otorinolaringoiatrica con prove vestibolari
- test psicoattitudinali (MMPI-tipo2)
- colloquio psicologico

**Le patologie cardiache, anche se in stato di buon compenso, sono tutte incompatibili con l'attività subacquea in acque gelide.**

Il motivo dovrebbe essere intuitivo, ma è frequente la polemica con persone che hanno apparentemente recuperato una discreta efficienza a seguito ad esempio di una angioplastica delle coronarie (la cui occlusione aveva provocato o stava per provocare un infarto), le quali non si rendono conto dello sforzo enorme che il cuore deve compiere per vincere la resistenza periferica indotta dalla pressione idrostatica in profondità, aggravato dall'aumento di viscosità del sangue dovuto alla bassa temperatura.

Le patologie dell'apparato bronco respiratorio, in particolare quelle sub-ostruttive come asma e bronchite cronica, incrementano il rischio di EGA.

L'insufficienza respiratoria di un enfisema, portando facilmente all'affanno, incrementa il rischio di MDD anche nei limiti previsti dalla curva di sicurezza.

Le patologie del sistema nervoso, evidenziabili nel corso della visita neurologica, dall'elettroencefalogramma e dagli ulteriori accertamenti strumentali richiesti dallo specialista, possono essere responsabili, ad esempio, di convulsioni nel corso di ossigeno terapia iperbarica (anche normobarica in caso di trattamento prolungato).

La visita oculistica, in particolare l'osservazione del fondo dell'occhio, esaminando le arteriole della retina consente di riconoscere precocemente un eventuale stato di ipertensione endocranica dovuta, ad esempio, a un tumore del cervello, o a uno stato di anomala sclerosi dei vasi sanguigni che potrebbe essere causa di una ridotta adattabilità alle variazioni idrostatiche.

La visita dell'otoiatra è in grado di mettere in evidenza possibili patologie della membrana del timpano, delle mastoidi, dei seni paranasali, del condotto uditivo esterno. Le prove vestibolari indicano la capacità dell'organismo di adattarsi a brusche variazioni posturali, la cui ridotta efficienza potrebbe essere sintomo di gravi patologie e comunque potenzialmente capace di compromettere l'orientamento del subacqueo, con le inevitabili conseguenze per la sua incolumità.

Anche la visita del dentista, unitamente alla ortopantomica, può essere utile per evidenziare cavità misconosciute dei denti o delle ossa mascellari in cui una espansione gassosa durante la risalita potrebbe provocare dolori lancinanti.

Nota dolente è costituita dalla riluttanza con la quale molti candidati si sottopongono sia ai test psicoattitudinali necessari alla corretta valutazione psichiatrica e psicologica del soggetto. Tali indagini psicologiche vengono spesso accettate malvolentieri e con diffidenza soprattutto da chi teme di esporre lati del proprio carattere che non vorrebbe far conoscere. Sono invece fondamentali per esprimere un giudizio di idoneità a una attività che richiede grande capacità di autocontrollo, attitudine a prendere decisioni e a risolvere istantaneamente problemi insorgenti, sia per la propria che l'altrui sicurezza.

## CAPITOLO 2

### ORGANIZZAZIONE PROGRAMMA SUBACQUEO PNRA

#### 2.1 Struttura operativa settore immersioni

Il programma antartico italiano, per le immersioni, si avvale di una struttura operativa composta da un coordinatore delle operazioni subacquee e da un tecnico operatore, rispettivamente Diving Officer e Diving Technician.

**Diving Officer:** personale con profonda conoscenza dell'ambiente marino antartico e delle problematiche in ambienti freddi. Deve essere competente sulle normative e relative attività subacquee. Questa figura professionale è inserita nella struttura del PNRA. Fra i suoi incarichi, anche quello di seguire l'acquisto, lo stato e la manutenzione delle attrezzature in dotazione alla Base, avvalendosi del supporto tecnico del Diving Technician presente in Spedizione. In fase di definizione della spedizione deve verificare la fattibilità delle attività scientifiche subacquee richieste, la competenza del personale proposto e dovrà esprimere formalmente il suo parere tecnico. Per lo svolgimento dell'attività il Diving Officer può avvalersi dell'esperienza di coloro che negli anni hanno acquisito una lunga esperienza, relativamente alle immersioni subacquee in acque antartiche.

**Diving Technician:** tecnico ed esperto sommozzatore che si occuperà, in Spedizione, di assistere e garantire la sicurezza delle attività sub durante il loro svolgimento. Effettua il controllo nel rispetto delle procedure adottate dal Programma Antartide. Assiste il personale durante le immersioni, verifica che le condizioni ambientali siano adeguate per effettuare l'attività subacquea in sicurezza. Assicura che il personale sub affidatogli sia in grado di effettuare o di portare a termine l'immersione di cui è incaricato. Risponde della manutenzione del materiale in dotazione, del magazzino e dell'assegnazione delle attrezzature subacquee. Durante le missioni, il personale verrà affiancato da altro personale di pari grado così da poter disporre di un collaboratore con cui condividere le attività.

#### 2.2 Tipologia immersioni

Le attività subacquee effettuate dal PNRA sono prevalentemente finalizzate alla realizzazione dei progetti scientifici e, quando necessario, come supporto alle operazioni della logistica. Le operazioni subacquee vengono effettuate solo ed esclusivamente per il raggiungimento dei risultati (scientifici e logistici) previsti dalla missione in corso.

La responsabilità ultima è del Capo Spedizione che ha potere decisionale sull'esecuzione dei programmi subacquei e sulle eventuali deroghe rispetto alla normativa vigente.

##### 2.2.1 Personale per attività subacquee

Il personale impiegato nelle immersioni può essere inquadrato nelle seguenti categorie:

<b>sub scientifico</b>	conduce immersioni necessarie alla realizzazione delle ricerche del suo settore o per altri gruppi scientifici;
<b>sub logistico</b>	ha il compito di garantire la sicurezza durante le immersioni scientifiche, effettua campionamenti per attività di ricerca ed esegue lavori di manutenzione logistica;
<b>assistente di superficie</b>	personale qualificato e specializzato nella sicurezza;
<b>medico</b>	medico (possibilmente anestesista-rianimatore/iperbarico).

### 2.2.2 Schemi di immersione

Le attività di immersione vengono effettuate minimo da due sub per volta contemporaneamente in acqua, con l'ausilio di una squadra di supporto in superficie composta da almeno due persone (Fig. 1, 2 e 3). La definizione della squadra viene stabilita ad inizio attività.

Le configurazioni di immersioni che il PNRA autorizza e supporta sono:

- due sub ricercatori in acqua con sub logistico addetto alla supervisione in stand-by o in acqua;
- un sub ricercatore con sub logistico addetto alla supervisione in acqua;
- due sub logistici in acqua.

Queste configurazioni hanno al seguito la squadra di supporto.



### 2.2.3 Definizione delle immersioni

#### Immersione Standard

è considerata STANDARD l'immersione condotta entro e non oltre la profondità di 30 metri.

L'immersione standard è condotta sempre e comunque entro i limiti della curva di sicurezza e non può in nessun caso (salvo insorgenza di emergenze accidentali e imprevedibili) considerare nella programmazione soste di decompressione ulteriori alla tappa di rispetto di 3 min. a 3/5 metri di profondità.

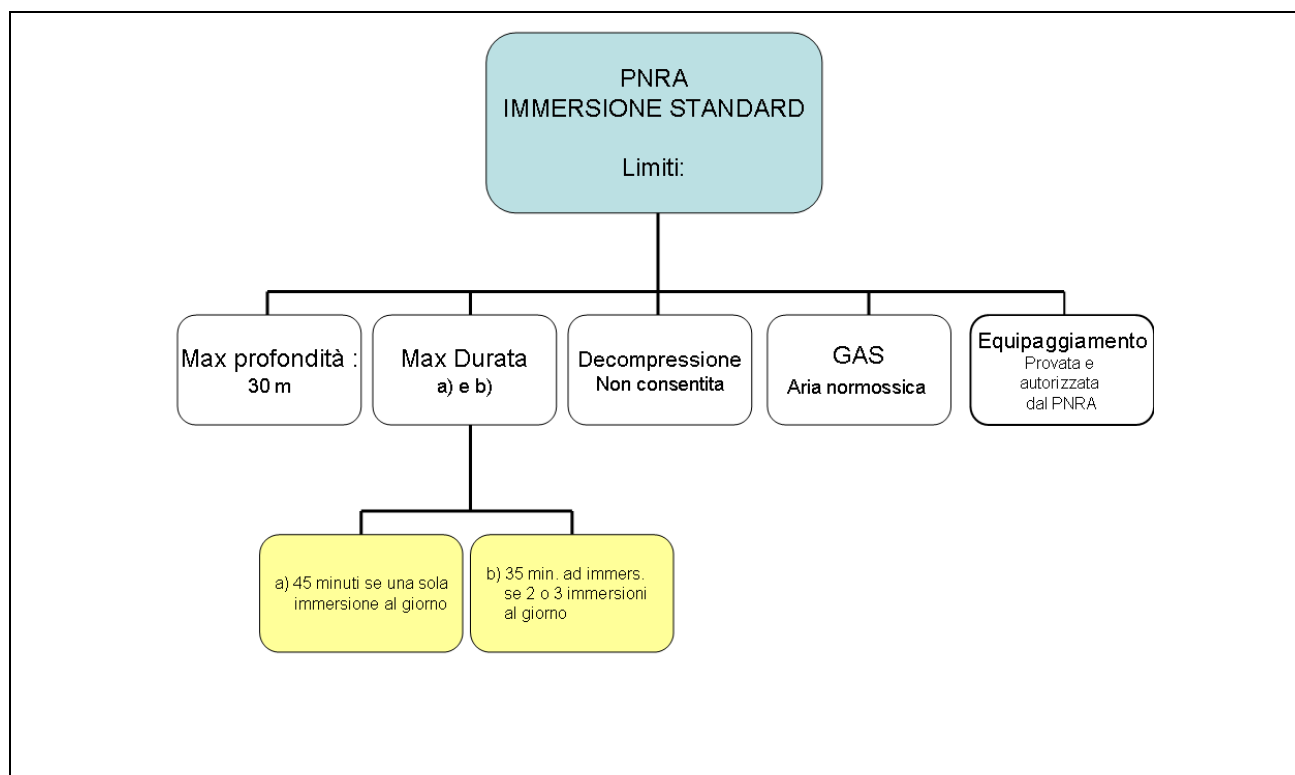
Nell'immersione standard la permanenza massima in acqua non deve superare i 45 minuti, se unica immersione nelle 24 ore, o i 35 minuti per ciascuna immersione in una serie ripetitiva.

Si definisce standard:

- un'unica immersione ripetitiva nelle 24 ore
- l'immersione condotta con le attrezzature in dotazione al PNRA
- l'immersione condotta in aria normossica (aria atmosferica).

In caso di immersione standard, per la quale sia preventivato l'utilizzo di attrezzature ed equipaggiamenti differenti e/o ulteriori e durante la quale siano previste attività che richiedano un impegno fisico superiore alla norma, il Diving Technician potrà o dovrà intervenire nella pianificazione, imponendo maggiori restrizioni ai parametri di durata e di massima profondità.

Per le immersioni in acque continentali a quote superiori all'equivalente barometrico dei 300 metri alle latitudini temperate (immersioni in atmosfera rarefatta) è richiesto il possesso del corrispondente brevetto che abiliti all'immersione in alta quota.



### Immersione NON Standard

è considerata NON STANDARD qualunque immersione che ecceda i limiti prefissati per l'immersione standard.

Immersioni non standard di **Livello 1 (Impegnativa)**: è così definita quell'immersione che ecceda uno solo dei limiti fissati nell'immersione standard relativi alla profondità (oltre ai 30 metri, ma inferiore ai 39 per i subacquei CMAS 2 Stelle; fino a 45 metri per subacquei con brevetti tecnici per immersione profonda in aria), all'utilizzo di miscele iperossigenate o al numero di immersioni ripetitive nelle 24 ore.

Qualora nella stessa immersione si eccedano imprevedibilmente due o più dei suddetti limiti, l'immersione stessa è catalogata come immersione non standard di **Livello 2 (Molto Impegnativa)**. L'eccezionalità dovrà essere motivata dettagliatamente durante il *debriefing*.

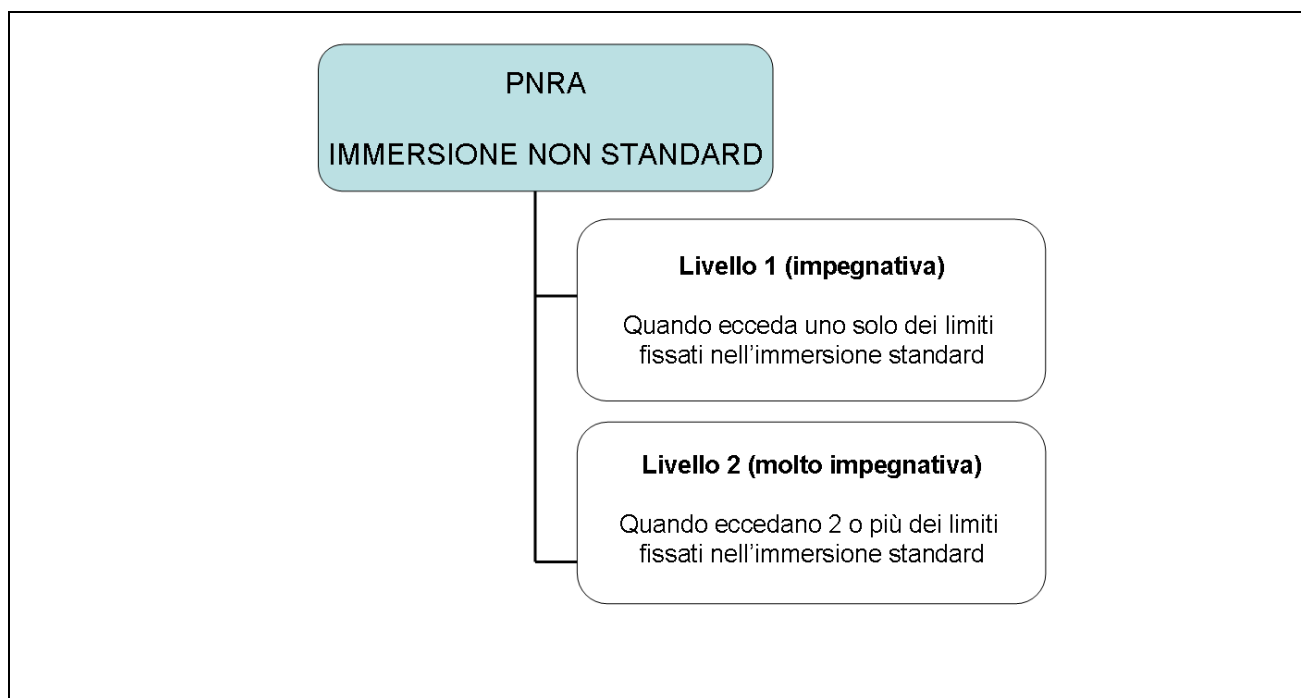
Immersione non standard di **Livello 2 (Molto Impegnativa)** è quell'immersione che ecceda più di uno dei parametri che definiscono l'immersione standard o che sia programmata oltre i 40 metri di profondità (subacquei CMAS 2 Stelle) o i 45 metri per subacquei con brevetti tecnici per immersione profonda in aria e/o che possano potenzialmente comportare tappe (limitate) di decompressione.

Le immersioni non standard di Livello 1 e 2 devono essere autorizzate *in fase di briefing* dal Capo Spedizione, previo parere positivo del Diving Technician. Qualora il parere tecnico di quest'ultimo risultasse negativo, l'immersione non potrà essere effettuata in nessun caso.

La richiesta di carattere logistico/scientifico di effettuazione di un'immersione di Livello 2, per essere presa in considerazione, dovrà essere espressamente e dettagliatamente motivata.

Immersioni al di fuori di questi limiti non potranno essere effettuate salvo in casi di eccezionale necessità. La decisione ultima sull'effettuazione dell'immersione, anche in caso di parere positivo del Diving Technician, spetterà sempre e comunque al Capo Spedizione.

Le autorizzazioni delle immersioni terranno in considerazione, oltre gli aspetti operativi, anche le capacità del personale presente in base, le condizioni di salute e la disponibilità del supporto tecnico.



## 2.2.4 Qualifiche sommozzatori

Il personale che effettua immersioni in Antartide deve essere qualificato per la specifica attività. L'idoneità medica alla classe 2 è la "conditio sine qua non" (vedi Cap. 1).

**Personale scientifico:** dovrà obbligatoriamente attestare il suo livello di conoscenza tecnica e di preparazione alle immersioni fornendo copia del brevetto di 2° Stella CMAS o equivalente, con specializzazioni per Immersione profonda (40 metri), Orientamento e Salvamento.

E' richiesta **l'autocertificazione** che attesti la pratica nell'utilizzo delle mute stagne e di attività subacquea non saltuaria nei due anni precedenti la missione in Antartide.

**Personale logistico:** selezionato da liste di operatori del settore fornite da enti pubblici, di norma Marina Militare o Esercito, con la qualifica di sommozzatore. In caso di utilizzo di personale non afferente ad enti pubblici, sarà necessario fornire la documentazione comprovante la qualifica di Istruttore CMAS 2° Stella, o equivalente e l'esperienza di immersioni in acque fredde con muta stagna.

**Diving Technician:** selezionato da liste di operatori del settore fornite da enti pubblici, di norma Marina Militare o Esercito, con la qualifica di sommozzatore. In caso di utilizzo di personale non afferente ad enti pubblici, sarà necessario fornire documentazione comprovante la qualifica di istruttore CMAS 2° Stella, o equivalente e l'esperienza di immersioni in acque fredde con muta stagna. **È richiesta, inoltre, esperienza comprovata di immersioni polari in acque libere e sotto i ghiacci.**

## 2.3 Preparazione sub

Il personale subacqueo che per la prima volta venga impiegato in Antartide dovrà effettuare un corso tenuto dal personale del PNRA. Questo allo scopo di verificare direttamente la preparazione del personale, ma anche per la istruzione/formazione sulle norme di sicurezza e di condotta previste dal Programma antartico italiano. Durante il corso verranno utilizzate le attrezzature presenti in Antartide al fine di consentire ai candidati di prendere confidenza con gli identici materiali con i quali il personale dovrà successivamente operare.

Al termine del corso il personale verrà valutato dai responsabili.

**Qualora un candidato, nel corso dei training sia teorici che pratici, dovesse mostrare notevoli carenze tecnico-attitudinali verrà giudicato inidoneo alla pratica subacquea in Antartide.**

### 2.3.1 Il Corso

La formazione del candidato sommozzatore avviene con sessioni teoriche e sessioni pratiche presupponendo che per affrontare adeguatamente e con la massima sicurezza l'immersione in Antartide è necessario possedere un bagaglio di conoscenze, di tecniche e di competenze più approfondito e articolato di quello che può essere fornito nei tradizionali corsi subacquei ricreativi, sia pure di livello avanzato.

Tenendo conto che il freddo intensissimo aumenta la velocità di saturazione dei tessuti (rallentando sia le prestazioni che le capacità di reazione dei sommozzatori) e che sotto il ghiaccio non si ha accesso alla superficie se non dal foro di ingresso (ambiente ostruito), il candidato deve

possedere: una valida esperienza di immersioni profonde; deve essere perfettamente a suo agio con la muta stagna; e deve avere una discreta familiarità con alcune (almeno) delle tecniche proprie delle speleosub e delle penetrazioni in ambienti ostruiti, delle immersioni con scarsa visibilità e di quelle in corrente.

Le sessioni teoriche vertono sui seguenti argomenti:

- presentazione delle attività subacquee del PNRA;
- le attrezzature: descrizione, manutenzione, configurazione e responsabilità della presa in carico;
- le tecniche di immersione polari: in acque libere, sotto i ghiacci e in alta quota;
- lo stress da freddo: cenni di fisiologia dell'immersione in acque polari;
- la gestione delle emergenze e primo soccorso;
- l'ambiente fisico e gli animali potenzialmente pericolosi;
- la programmazione dell'immersione e la valutazione del rischio ambientale;
- i protocolli di sicurezza e la gestione dell'immersione nell'ambito delle attività subacquee del PNRA.

Le sessioni pratiche in acqua (almeno due) sono così programmate:

- Sessione 1. Primo approccio in acque basse e confinate con la stessa attrezzatura e configurazione che verranno utilizzate in Antartide. Esercizi propedeutici all'apprendimento delle tecniche di immersione polare e della gestione delle emergenze subacquee (per esempio, assetto per mezzo della muta stagna).
- Sessione 2. Conduzione di un'immersione al limite dei 30 metri (limite di operatività – standard - in Antartide presso la stazione italiana) in acque dolci, fredde e con limitata visibilità, indossando le attrezzature del PNRA configurate secondo il presente manuale. Il candidato deve dimostrare tranquillità, controllo della situazione e capacità di gestione autonoma dell'immersione.

I sommozzatori che risulteranno idonei riceveranno ancora un training di una immersione in Antartide al fine di avere la prima presa di contatto con l'ambiente polare, prima di dare il via al loro programma di attività subacquee.

### **2.3.2 Gestione della camera iperbarica**

Presso la Base Mario Zucchelli è presente una camera iperbarica per far fronte a eventuali incidenti da MDD e aumentare la sicurezza delle attività subacquee. All'apertura della Base, dopo che il responsabile della conduzione dell'impianto iperbarico ha effettuato le verifiche ordinarie di inizio attività, i medici ed i paramedici presenti in base devono assistere a una compressione e decompressione dell'impianto iperbarico, prendendo diretta visione di ogni singolo apparato in corso di funzionamento. Il personale che dovrà gestire ed utilizzare l'impianto è costituito da:

- ❖ medico / anestesista rianimatore esperto in fisiopatologia iperbarica;
- ❖ paramedico iperbarico;
- ❖ incursore/palombaro.

Al personale paramedico vengono impartiti corsi di fisiologia subacquea, al fine di renderlo idoneo a:

- coadiuvare efficacemente il medico nelle procedure diagnostiche terapeutiche iperbariche;



- operare, in caso di grave emergenza, sotto controllo medico remoto o, addirittura, sostituirsi totalmente al medico.

La responsabilità del controllo, manutenzione e conduzione della camera iperbarica deve essere affidata al paramedico iperbarico, che risulta la persona più esperta, ovvero quella che, oltre ad aver effettuato il corso di conduzione dell'impianto iperbarico, si è trovato più volte a gestire l'impianto iperbarico della Base Mario Zucchelli, in addestramento od in condizioni di reale utilizzo. Tale personale deve essere coadiuvato dai medici e dai palombari, sommozzatori ed incursori precedentemente individuati ed appositamente addestrati.



Foto 1 – Vista camera iperbarica



Foto 2 – Sistema di comunicazione



Foto 3 – Vista interna camera iperbarica



## CAPITOLO 3

### ATTREZZATURE

L'evidenza che in alcune aree, tra le quali il mare di Ross ed in particolare la baia di Terra Nova, le acque polari antartiche si caratterizzano per la più bassa temperatura (-1,88 °C) registrabile tra tutte le acque marine del pianeta, impone che la scelta dei materiali e degli equipaggiamenti da utilizzarsi nel corso delle immersioni sia particolarmente accurata e informata a tassativi criteri di affidabilità ed efficienza.

Le problematiche maggiori si riscontrano nel corretto funzionamento delle attrezzature deputate a fornire il gas respirabile e nell'efficace isolamento termico del sommozzatore.

Considerate l'estrema severità e la durezza delle condizioni ambientali, purtroppo l'assoluta affidabilità delle attrezzature non potrà mai essere garantita, ma è statisticamente possibile, a seguito di test specifici e dei dati registrati nel corso dell'annuale attività subacquea, individuare quegli equipaggiamenti che presentino la minore incidenza di malfunzionamenti e forniscano il miglior comfort termico in ambiente polare.

Ne consegue che l'utilizzo di strumenti di recente immissione sul mercato subacqueo, o comunque non approfonditamente testati, non sarà autorizzato.

Il corredo di attrezzature del sommozzatore impiegato nelle attività subacquee del PNRA prevede gli equipaggiamenti di seguito illustrati.

L'utilizzo di ulteriori strumenti della dotazione personale non previsti da codeste linee guida dovrà essere autorizzato dal Diving Technician. Si tenga, comunque, presente che la dotazione personale e la sua configurazione dovranno soddisfare in ogni immersione i requisiti di:

- "pulizia" e idrodinamicità;
- semplicità e immediatezza di utilizzo (anche per agevolare l'intervento del compagno di immersione in caso di emergenza);
- ridondanza (ma non eccessività).

Il PNRA fornisce ad ogni sommozzatore l'equipaggiamento completo per le immersioni in Antartide.

Alcune componenti della dotazione ufficiale potranno essere sostituite, previa autorizzazione, con attrezzature personali reputate, comunque, idonee al tipo di immersione che si andrà a svolgere.

Altre parti della dotazione ufficiale sono assolutamente insostituibili e andranno obbligatoriamente utilizzate.

Il sommozzatore compila l'apposito modulo di presa in carico al ricevimento della dotazione ufficiale dal PNRA, si impegna ad utilizzarla avendone la massima cura, segnala ogni difetto o malfunzionamento e non modifica arbitrariamente e senza preavviso qualunque parte di essa.

I danni derivati dalla mancata cura dell'attrezzatura e/o dalla sua manomissione verranno attribuiti alla responsabilità personale del sommozzatore che ne ha la dotazione.

Le componenti dell'attrezzatura non sostituibili verranno espressamente indicate volta per volta.

### 3.1 La muta e gli indumenti sottomuta

Benché per molti anni si siano utilizzate mute umide in neoprene di diverso spessore, fin dagli anni '80 le mute stagne sono diventate lo standard per le immersioni in Antartide.

Considerato anche l'alto grado di sviluppo dei materiali e delle tecniche costruttive delle stesse che si è avuto negli ultimi decenni, il PNRA prevede, obbligatoriamente, che, nell'ambito delle sue attività subacquee, i sommozzatori, quale che sia il ruolo ricoperto, indossino questo tipo di mute.

Esistono principalmente 3 diversi tipi di mute stagne caratterizzate dal diverso materiale costruttivo:

- ❖ in neoprene
- ❖ in trilaminato
- ❖ in gomma vulcanizzata

La scelta del tipo dipende anche da preferenze personali, ma è necessario considerare che ognuno dei tre materiali indicati presenta vantaggi e svantaggi.

#### 3.1.1 Neoprene

Le mute in neoprene sono senz'altro quelle con le maggiori proprietà isolanti "intrinseche" in quanto il neoprene è costituito da tante microcelle contenenti aria che formano uno strato coibente.

Con le mute stagne in neoprene di elevato spessore (5 – 7 mm) il comfort termico è sicuramente maggiore rispetto alle altre possibilità (trilaminato, gomma vulcanizzata) ma tale vantaggio si paga in termini di ingombri e di pesantezza, con la conseguenza di una maggiore difficoltà nei movimenti.



Inoltre il neoprene ha un assetto estremamente positivo in acqua (galleggia), dovuto all'aria intrappolata nella sua struttura; pertanto, richiede al sommozzatore di indossare una maggiore quantità di zavorra.

In realtà da questo punto di vista le mute in neoprene e quelle in trilaminato tendono a compensarsi dal momento che le seconde non forniscono isolamento termico (evitano solamente il contatto diretto tra il corpo e l'acqua) e necessitano di essere indossate insieme a una maggiore quantità di indumenti sottomuta (che aumentano il volume del sommozzatore) rispetto a quelle in neoprene.

Il vero inconveniente che si riscontra con le mute in neoprene è la diminuzione lineare di galleggiabilità e di isolamento termico man mano che si scende in profondità; l'aria contenuta nelle celle viene infatti compressa dalla pressione che ne riduce il volume. Inoltre, in seguito alla normale usura da utilizzo le singole celle cominciano a rompersi facendo perdere al neoprene le sue caratteristiche.

Sono da poco comparse sul mercato mute realizzate con nuove varietà di neoprene come il "precompresso", ma in particolare quelle in "Crushed Neoprene" (neoprene sottoposto a vari cicli di compressione e decompressione che causano la rottura artificiale delle micro-celle) sembrerebbero aver trovato la quadratura del cerchio: spessore non eccessivo (3,5 mm), ottimo

isolamento termico, limitata compressibilità in profondità e più lunga vita d'esercizio.

Anche queste mute presentano, però, alcune controindicazioni: sono estremamente più costose di qualunque altra muta stagna, più pesanti delle mute in trilaminato e in caso di rottura, sono piuttosto difficili da riparare. Considerate le limitate profondità alle quali viene condotta la gran parte delle immersioni in Antartide, la scelta del neoprene tradizionale è comunque un'opzione da tenere in considerazione.

### 3.1.2 Trilaminato

Le mute in trilaminato sono le più leggere e consentono la maggiore libertà dei movimenti. Hanno il vantaggio di non modificare la galleggiabilità e il livello di protezione termica, dal momento che questa viene garantita esclusivamente dagli indumenti sottomuta indossati.

Il trilaminato è un tessuto ottenuto dalla sovrapposizione di tre fogli di Nylon e gomma butilica (strato centrale) che mantiene, però, una certa porosità rendendolo poco adatto alle immersioni in acque inquinate e alle immersioni professionali.



Tuttavia ha il pregio di non trattenere l'acqua una volta riemersi (viene facilmente fatta scivolare via), evitando che congeli sulla muta.

### 3.1.3 Gomma vulcanizzata

Per gli usi professionali, da sempre, l'opzione preferita è stata quella delle mute in gomma vulcanizzata che, oltretutto, hanno anche il vantaggio di poter essere riparate in maniera semplice e rapida.

A lungo sono state le mute usate quasi esclusivamente in Antartide. Sono, però, pesanti e dallo scarsissimo comfort non riuscendo lo spesso strato di gomma vulcanizzata ad adattarsi adeguatamente al corpo.

Quale che sia il modello di muta scelta, comunque, deve essere dotato di due valvole per immettere al suo interno e far uscire il gas della bombola.

La valvola di scarico (posizionata sul braccio sinistro) deve essere automatica.

I modelli con il torso telescopico e la zip di chiusura frontale sono utilizzabili da più persone di taglie corporee leggermente diverse tra loro e non richiedono l'aiuto di un assistente per essere indossate.



Il sub della foto indossa una muta in gomma vulcanizzata

I calzari possono essere morbidi oppure a scarponcino; nel primo caso è necessario indossare una ulteriore scarpetta, ma lo scarponcino già incorporato tende a facilitare l'insorgenza dell'inconveniente dell'aria "nei piedi".

I polsini della muta devono necessariamente essere in lattice per permettere il montaggio delle flange dei guanti a tenuta stagna, altrimenti non applicabili su polsini in neoprene.

Quanto ai sottomuta, ne esistono molti modelli diversi, sia la per pesantezza che per il tessuto utilizzato. Alcuni dei più recenti sono realizzati in tessuto wind-stopper e impermeabile che li rende particolarmente fruibili in Antartide negli spostamenti prima e dopo l'immersione.

Inoltre garantiscono un minimo di tenuta all'acqua in caso di allagamento accidentale della muta stagna, consentendo di riguadagnare la superficie in maniera un po' più agevole.

È assolutamente da evitare l'intimo in lana, mentre si consiglia di indossare a diretto contatto sulla pelle indumenti (maglie e calzamaglie) in polipropilene (capilene) come quelli concepiti e prodotti per l'alpinismo estremo.

Per aumentare ulteriormente la protezione termica, sopra l'intimo e il sottomuta, si possono indossare ulteriori strati di indumenti in pile.



### 3.2 Guanti

Con l'avvento dei guanti a tenuta stagna, applicabili con diversi sistemi di aggancio su qualunque muta con polsini in lattice, l'utilizzo dei guanti (o moffole) umidi in neoprene non è più richiesto.

A seconda delle esigenze, sotto il guanto stagno in gomma, si possono indossare sottoganti mutuati sempre dall'abbigliamento iper-tecnico dell'alpinismo estremo.

Si deve porre l'attenzione sul fatto che i guanti a tenuta stagna devono essere posti in comunicazione con la muta tramite l'inserimento di una cannula che ne permetta la compensazione (a seconda dei modelli). Senza di questa i guanti rimangono separati dalla muta e l'aria insufflata dalla valvola della stagna non può raggiungerli.

A basse profondità, comunque, i guanti collassati, pur risultando fastidiosi, non rappresentano un problema limitante.

Il loro utilizzo è **obbligatorio**.



Guanti a tenuta stagna



Sottoganto e guanto stagno in gomma

### 3.3 Maschera e gran-facciale

Nonostante il freddo intensissimo delle acque polari, la maggioranza dei sommozzatori che svolge attività nei mari antartici preferisce utilizzare la maschera tradizionale per gli evidenti vantaggi in termini di semplicità e praticità che questa offre rispetto al granfacciale.

Quest'ultimo, inoltre, richiede una certa familiarità nel suo utilizzo (soprattutto nel caso della gestione di un'emergenza) che raramente la maggior parte dei subacquei possiede.



Per cui il gran-facciale, unitamente alla braga telefonica, verrà impiegato unicamente in quelle immersioni che richiedano il contatto vocale tra l'operatore in acqua e la squadra d'assistenza in superficie, o su espressa richiesta del sommozzatore. La scelta della maschera è assolutamente personale dovendosi questa adattare perfettamente al viso del subacqueo. Si consiglia di preferire maschere *frameless*, in silicone nero e dal ridotto volume interno.

### 3.4 Pinne



Benché molti modelli di pinne possano essere utilizzati per le immersioni in Antartide, quelli dotati di cinghiolo costituito da una molla in acciaio fissata direttamente alla scarpetta sono senz'altro da preferirsi, sia per questioni di sicurezza (gli sganci rapidi di molte pinne ricreative sono a volte eccessivamente delicati e tendono ad aprirsi con facilità), sia per questioni di praticità (le pinne con il cinghiolo a molla sono facilmente indossabili anche con i guanti a tenuta stagna).

### 3.5 Giubbotto assetto variabile (Gav)

Se utilizzato con il bibombola, il giubbotto equilibratore deve essere dotato di schienalino rigido con fori passanti.

Con il monobombola sono da sempre utilizzati con successo Gav ricreativi, purché forniscano le dovute garanzie di funzionamento anche con la temperatura dell'acqua a  $-1,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Si tenga ben presente che il gruppo comandi posto all'estremità della frusta del giubbotto equilibratore è, insieme alla valvola d'immissione della muta stagna e dei due stadi degli erogatori, uno dei meccanismi maggiormente esposti al rischio di congelamento e di conseguente flusso continuo, incontrollato di gas.

È per questo motivo che il Gav, nelle immersioni polari, deve essere inteso e gestito come uno strumento ausiliario, di back-up, da utilizzarsi il meno possibile nel controllo del proprio assetto.

Su richiesta del sommozzatore è ammissibile che si possa effettuare l'immersione senza giubbotto equilibratore.

In particolare per le immersioni sotto i ghiacci (ambiente ostruito), GAV tecnici a sacca posteriore, con piastra ed eventuale contropiastra metalliche (che riducono il peso da portare in zavorra) sono da preferire in quanto offrono maggiore libertà di movimento al subacqueo (il quale, però, deve esserne addestrato all'uso).

L'utilizzo dei GAV del PNRA è **obbligatorio**





Giubotto assetto variabile



Schienalino rigido

### 3.6 Bombole

Il bibombola in acciaio 10+10 lt. (o 12+12 lt. quando il peso non diventi problematico nella sua gestione) con manifold ed isolatore centrale è, sia per la quantità di gas contenuto che per la possibilità di auto-intervento sui rubinetti, il tipo di bombola che garantisce la maggior sicurezza nel corso di immersioni standard in Antartide



La configurazione con monobombola da 15 lt. e pony-tank affiancata ha lo scopo di svolgere la stessa funzione ma, pur essendo certamente più leggera, non consente di effettuare l'auto-gestione dei rubinetti durante l'immersione e complica l'assetto in acqua.

Una ulteriore piccola bombola da 1,5 lt. viene montata a fianco del bibombola principale per fornire il gas di compensazione alla muta stagna. Quando possibile, questa piccola bombola, deve essere caricata ad Argon, un gas con caratteristiche coibentanti molto superiori all'aria che garantisce un notevole incremento del comfort termico del subacqueo. In caso di utilizzo dell'Argon con il gran-facciale si deve verificare con estrema attenzione che il gas non penetri all'interno della maschera attraverso il cappuccio perché l'argon ha un potere narcotico maggiore dell'aria!

Tutte le bombole in dotazione al PNRA sono in acciaio e dotate della doppia rubinetteria con attacco DIN.

A seconda delle esigenze personali, della finalità dell'immersione, o delle peculiarità del sito di immersione potranno essere utilizzate bombole di differenti litraggi e configurazioni.

L'utilizzo delle bombole del PNRA è OBBLIGATORIO.

### 3.7 Erogatori

Gli erogatori sono le componenti dell'attrezzatura subacquea che più di qualunque altre, a causa della bassissima temperatura delle acque antartiche, sono soggette al rischio improvviso e incontrollabile di malfunzionamento.; ed essendo gli strumenti preposti a fornire il supporto vitale al sub erogando il gas respirabile in immersione, risulta del tutto evidente quanto cruciale ne sia la loro selezione e manutenzione.

Gli erogatori sono particolarmente soggetti al rischio del congelamento sia del primo che del secondo stadio, a causa della drastica riduzione di temperatura (diversi °C) che il gas subisce a seguito della violenta espansione adiabatica nel momento del passaggio dall'altissima pressione a cui è sottoposto all'interno della bombola (circa 200 atm a pieno carico) a quella di lavoro del primo stadio che, a seconda dei modelli, è di circa 9 – 10 atm.

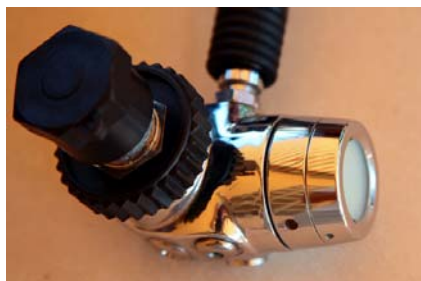


Fig.1 – Anti-frizer



Fig.2 – Dettaglio membrana anti-frizer



Fig.3 - Connessione con 2° stadio

Come è noto, sia il primo che il secondo stadio di un erogatore sono riduttori di pressione e dunque, il gas respirabile, nel suo viaggio dalle bombole alla bocca del subacqueo, come conseguenza del repentino aumento di volume, diminuisce la sua temperatura fino a risultare notevolmente inferiore a quella ambientale.

Questo fenomeno, già nel corso di immersioni in acque con temperature dell'ordine dei 5 - 6 °C, può causare il congelamento dei meccanismi interni degli erogatori la cui conseguenza principale è la cosiddetta "auto-erogazione", ovvero il flusso continuo e inarrestabile di gas che porta allo svuotamento della bombola in pochi minuti; se utilizzati in acque con temperature al di sotto dei 5 - 3 °C il blocco degli erogatori sportivi non specificatamente progettati per l'utilizzo in acque gelide in posizione di flusso continuo è pressoché certo.

Proprio per evitare tali rischi, in ambito ricreativo la soglia delle acque fredde è addirittura fissato a 10 °C.

Facile intuire, dunque, come non tutti gli erogatori (per quanto di ottima qualità e piuttosto costosi) utilizzati nella pratica subacquea sportiva possano essere impiegati in ambiente polare, dove la temperatura dell'acqua può scendere fino a quasi 2 °C sotto lo 0.

Per far fronte a questi problemi, sono stati costruiti vari modelli di erogatori espressamente concepiti per l'uso in acque fredde e dotati di una serie di accorgimenti tecnici tesi a minimizzare il rischio di congelamento. Questi accorgimenti possono essere "strutturali" (come le alette radianti di alcuni primi stadi o le strutture e inserti metallici dei secondi stadi), oppure "accessori" (come i kit anti-freeze da applicare sul primo stadio).

In generale questi interventi mirano:

- A. ad aumentare la superficie metallica sia del primo che del secondo stadio a contatto con l'acqua per far sì che la maggior quantità possibile di calore passi dall'esterno all'interno (per quanto possa sembrare assurdo paradossale, anche le acque con temperature inferiori allo 0°C sono comunque sempre più calde del gas all'interno dell'erogatore);
- B. a isolare completamente i meccanismi del primo stadio dal contatto con l'acqua. Nonostante tutto, però, anche la maggior parte degli erogatori "omologati" e pubblicizzati per le acque fredde sono inutilizzabili in Antartide a causa di un'incidenza troppo elevata di eventi di autoerogazione.

Gli erogatori utilizzati nelle attività subacquee del PNRA hanno obbligatoriamente l'attacco DIN 300 e devono essere, sempre e comunque, costituiti da due unità indipendenti, composte ciascuna da un primo e un secondo stadio.

La configurazione cosiddetta "octopus" (due secondi stadi montati su di uno stesso primo stadio) non è **MAI** ammessa.

L'utilizzo degli erogatori in dotazione al PNRA è **obbligatorio**.

### 3.8 Computer e tabelle

Il PNRA prevede l'utilizzo dei computer subacquei per la gestione delle immersioni in abbinamento alle tabelle decompressive US Navy, considerate quali strumento di back-up emergenziale in acqua e indicative per la pianificazione, come riportato in Tab1.

L'utilizzo delle nuove generazioni di computer subacquei garantisce un incremento, particolarmente sostanziale nella pratica subacquea in Antartide, del livello di sicurezza rispetto alla gestione delle immersioni basata unicamente sulle tabelle US Navy o di altre istituzioni.

Le ragioni sono molteplici ma in particolare ve ne è una che più di qualunque altra evidenza quanto sia importante affidare ad un computer il calcolo della saturazione d'azoto in ambiente polare: il fatto, cioè, che i più moderni algoritmi sviluppati per i computer subacquei tengano conto anche del fattore temperatura che, in acque gelide, influenza in maniera ragguardevole l'assorbimento di azoto. E ne tengono conto, così come per le altre variabili, riferendolo proporzionalmente alle differenti velocità di saturazione dei diversi compartimenti corporei considerati dall'algoritmo.

Le tabelle, invece, hanno valenza – per così dire – "cosmopolita" e non indicano nessun fattore correttivo da applicare, a parità di tempo e di profondità, a seconda della temperatura ambientale dell'immersione.

Per la tabella, in pratica, la medesima immersione condotta in Antartide sotto il ghiaccio o in Mar Rosso ad agosto dovrebbe prevedere un eguale tempo massimo di bottom time in curva di sicurezza.

La regola pratica di applicare le tabelle in maniera un po' più restrittiva quando si pianifica un'immersione in acque fredde è semplicemente una regola empirica di "buon senso", non basata su dati scientifici.

Altri vantaggi evidenti dell'utilizzo del computer, soprattutto in Antartide, sono quelli del computo del carico di lavoro tramite il monitoraggio dello stato di affaticamento del sommozzatore per mezzo di cardio-frequenzimetro (in acque fredde tutto risulta più faticoso) e dell'effettivo valore della pressione atmosferica (funzione autoadattante del computer che in Antartide risulta particolarmente utile a causa della rarefazione atmosferica che fa sì che le immersioni in mare corrispondano barometricamente ad immersioni alla quota di circa 300 metri delle regioni temperate).

Ulteriore vantaggio del computer è la possibilità di un'immediata ricostruzione delle attività subacquee che può offrire informazioni vitali al personale sanitario che fosse chiamato ad intervenire a seguito di un'emergenza.

In ultimo, la possibilità di memorizzare serie storiche di dati relative alle attività subacquee condotte dal PNRA fornisce un ulteriore elemento che valorizza l'utilizzo del computer.

Ogni subacqueo ha comunque l'obbligo di portare con sé tabelle, orologio e profondimetro analogico da utilizzare in caso di malfunzionamento del computer.

L'utilizzo dei computer in dotazione al PNRA è **obbligatorio**.

### 3.9 Accessori

Il PNRA richiede che agli accessori, che ordinariamente compongono la dotazione personale di un sommozzatore, si aggiungano cesoie subacquee (che possono sostituire o affiancare il tradizionale coltello) e luce lampeggiante per facilitare l'individuazione del subacqueo.

## CAPITOLO 4

### CONFIGURAZIONE E MANUTENZIONE

#### 4.1 Ridondanza e minimalismo

Ridondanza e minimalismo sono due concetti con cui spesso ci si deve confrontare, parlando di attrezzature. Contrariamente a quanto si possa pensare, non sono in contrasto tra di loro.

La ridondanza si basa sul concetto per cui tutto ciò che è indispensabile ai fini del buon esito dell'immersione, deve essere raddoppiato. In caso di avaria o malfunzionamento di una componente si ha a disposizione un equivalente che lo sostituisca.

Il minimalismo, invece, si basa sul presupposto secondo il quale tutto quello che non è indispensabile durante l'immersione, debba essere eliminato dall'attrezzatura del sommozzatore

#### 4.2 Configurazione

Le modalità di configurazione delle attrezzature subacquee sono oggi estremamente numerose e differenziate, grazie anche e soprattutto alla grande varietà di equipaggiamenti, più o meno professionali, disponibili sul mercato.

La scelta della configurazione ideale, quindi, non può essere assoluta ma varierà in funzione delle attrezzature a disposizione, del tipo e del grado di difficoltà dell'immersione.

L'Antartide si contraddistingue per le condizioni ambientali più estreme e severe di tutto il pianeta e già solamente questo fattore pone le attività subacquee nelle acque antartiche in cima alla lista delle immersioni più impegnative e difficili che un sommozzatore possa trovarsi ad affrontare.

Inoltre, la stragrande maggioranza di queste avviene sotto la calotta di ghiaccio rendendole di fatto immersioni in "ambiente ostruito", con tutte le complicazioni del caso.

Tuttavia, malgrado le difficoltà, non ci sono differenze procedurali di base o attrezzature speciali che le differenzino dalle immersioni alle altre latitudini; esistono però precauzioni e sistemi di configurazione dell'attrezzatura appositamente pensati a cui è necessario uniformarsi senza cadere nell'errore imperdonabile sottovalutare le immersioni in Antartide solo perché generalmente condotte a profondità ritenute "facili" nella subacquea sportiva e ricreativa.

Le attrezzature vanno configurate in maniera:

- ordinata, senza parti sporgenti o penzolanti;
- che siano di facile ed immediato utilizzo, sia per il sommozzatore stesso che per il compagno che dovesse intervenire in caso di emergenza;
- che non intralcino i movimenti e permettano di raggiungere agevolmente i rubinetti sulle bombole.

Nella configurazione ideale per un'immersione antartica, gli erogatori vanno montati in maniera tale che sul primo stadio del primario (quello da cui si respira) si trovino inserite solo la frusta del secondo stadio e di un eventuale secondo manometro (non indispensabile).

La frusta della muta stagna sarà collegata al bombolino ausiliario da 1,5 lt (possibilmente caricato ad Argon) mentre quelle del GAV e del manometro principale arriveranno dal primo stadio del secondario.

Con tale configurazione si minimizza al massimo il rischio da auto-erogazione da congelamento in quanto si evita di “sovraccaricare” il primario, e si ottiene in contemporanea la ridondanza sia dei sistemi di erogazione del gas respirabile (erogatore primario e secondario), sia dei sistemi di variazione di assetto (muta stagna tramite bombolino ausiliario e GAV tramite erogatore secondario).

Nel caso non fosse disponibile il bombolino ausiliario, o ne se ne abbia confidenza nell'utilizzo, è comunque consigliabile deputare l'erogatore primario alla sola fornitura del gas respirabile; è, però, evidente che in questo caso entrambi i sistemi di variazione di assetto dipenderanno contemporaneamente dallo stesso erogatore secondario.

L'erogatore primario va sempre montato a destra e quello secondario a sinistra, ponendo attenzione al fatto che la disposizione dei primi stadi non ostacoli il raggiungimento dei rubinetti.

In caso di frusta di lunghezza standard del secondo stadio dell'erogatore primario, essa potrà essere lunga fino a 100 cm avendo cura, però, che non sporga dalla sagoma del sub diventando una potenziale fonte di rischio.

Entrambe le fruste dei secondi stadi dovrebbero essere con trecciatura esterna in nylon antiabrasione e di colore differente (nero per il primario, giallo per il secondario).

Il secondo stadio secondario dovrà essere portato al collo tramite un collarino elastico per l'immediata reperibilità anche in caso di scarsa o nessuna visibilità. Se questo secondo stadio è quello da fornire al compagno in caso di emergenza, il collarino dovrà prevedere un sistema di sgancio rapido.

Se i secondi stadi sono reversibili, il secondario potrà arrivare anche da sinistra con una frusta di lunghezza uguale a quella del primario, ma tale configurazione è sconsigliata.

Chi ne fosse debitamente addestrato all'uso può utilizzare una frusta di 200 cm (o più) di lunghezza per il secondo stadio del primario da girare intorno al busto (configurazione hogartiana, fortemente consigliata).

In caso di utilizzo in abbinamento alla frusta lunga del secondo stadio del primario, la frusta del secondo stadio dell'erogatore secondario dovrà essere di lunghezza non superiore ai 60 - 70 cm.

L'eventuale pacco batteria dell'illuminatore principale deve essere posto sulla parte destra dell'imbraco del GAV.

I manometri vanno assicurati con un moschettone ad uno degli anelli a D dell'imbraco oppure fatti passare all'interno della fascia lombare con il display rivolto verso il sommozzatore.

Le cesoie vanno posizionate nella fascia alla cintola del GAV (posizione fortemente raccomandata) o all'interno del polpaccio sinistro (di quello destro se mancini). Un secondo sistema di taglio, generalmente un coltello, è obbligatorio sulla parte superiore del corpo (imbraco del gav o corrugato).

### 4.3 Manutenzione

Durante tutto il periodo dell'attività subacquea il sommozzatore che ha ricevuto in dotazione l'attrezzatura del PNRA ne sarà personalmente responsabile e dovrà provvedere ad eseguirne l'adeguata manutenzione, sia per motivazioni di sicurezza personale, che di salvaguardia del patrimonio del PNRA.

Al di là della normale cura che ogni subacqueo usa (o almeno dovrebbe) verso la propria attrezzatura, il sommozzatore del PNRA deve mettere in essere ogni ulteriore cautela affinché tutti gli strumenti con parti in movimento, potenzialmente soggette al rischio di congelamento durante le immersioni, siano perfettamente asciutte e mantenute il più possibile al riparo anche durante gli spostamenti.



Alla fine di ogni giornata di attività subacquee, le attrezzature devono essere accuratamente risciacquate con acqua dolce e posizionate in maniera tale che possano asciugare perfettamente senza la formazione di condensa.

I GAV devono dapprima essere svuotati dell'acqua salata penetrata durante l'ultima immersione.

È assolutamente necessario assicurarsi che non ci sia ingresso di acqua dolce nell'erogatore (controllare che il tappo di protezione del primo stadio sia perfettamente posizionato prima del risciacquo) perché l'acqua dolce, avendo un punto di congelamento superiore a quella dell'acqua salata, può trasformarsi in ghiaccio per il solo effetto della temperatura ambientale, già durante gli spostamenti dalla base verso il sito di immersione.

L'aria delle bombole non deve essere mai utilizzata per "soffiare via" le gocce di acqua o la polvere da altri strumenti, in quanto la violenta uscita del gas dal rubinetto privo dell'erogatore provoca la formazione di condensa all'interno della bombola stessa, che può andare ad infilarsi nella rubinetteria e negli erogatori durante l'immersione e, di conseguenza, congelare.

A tale proposito, una cura particolare deve essere riservata al compressore e alla fase di ricarica delle bombole, avendo l'accortezza di aprire frequentemente la valvola di sfiato della condensa per favorirne l'espulsione.



Il compito della manutenzione di lungo termine del compressore spetta al Diving Technician che si farà carico di tenere un registro delle ore di lavoro e provvederà alla periodica sostituzione dei filtri e dell'olio.





## CAPITOLO 5

### FATTORI AMBIENTALI

Poiché l'acqua marina contiene disciolti una rilevante quantità di sali e ioni (la cui abbondanza - salinità - in Antartide è di circa 34 grammi per litro), il processo di formazione del ghiaccio marino si avvia solo nel momento in cui la temperatura scende al di sotto del valore di circa  $-1,86\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Le dinamiche turbolente della circolazione oceanica, le condizioni ambientali esterne ed il variare delle stagioni sono tra i fattori che maggiormente intervengono nel regolare le modalità di formazione, la qualità e l'estensione del ghiaccio marino, notoriamente conosciuto come Pack-Ice o, più semplicemente, pack.

Benché il pack assuma forme diverse caratterizzate da proprie caratteristiche fisiche, è sempre ed esclusivamente acqua marina congelata ed è soggetto a un andamento pressoché stagionale (anche se non sempre) nel suo ciclo di formazione e dissolvimento.

Non tutto il ghiaccio che ricopre gli oceani circum-antartici, però, è pack. Un'ampia porzione di questo, infatti, è costituito dall'ice-shelf, enormi piattaforme congelate galleggianti sul mare formate dal ghiaccio dei ghiacciai continentali che scivola fin sopra l'acqua.

Ma nemmeno tutto il ghiaccio marino rientra nella categoria del pack dal momento che parte del sea-ice rimane ancorato alla terra, o al margine dell'ice-shelf, o addirittura ad iceberg di dimensioni colossali, andando incontro a processi di formazione che sono del tutto differenti da quelli del pack e caratterizzati da grande dinamismo: questa variante del ghiaccio marino è denominata Land-Fast-Ice, o più semplicemente fast-ice.

### 5.1 Tipologie di ghiaccio

Anche se solo sommariamente, le varie tipologie di ghiaccio che ricoprono i mari antartici possono essere così classificate:

- PACK-ICE.** Quando l'acqua marina congela ed il ghiaccio non rimane ancorato in posizione stabile a strutture fisiche (linea di costa, lingue di ghiacciai, iceberg,) si ha la formazione del pack. Alla temperatura di  $-1,86\text{ }^{\circ}\text{C}$  si avvia la formazione dei primi sottili cristalli di ghiaccio che, a causa del rimescolamento delle acque oceaniche, non rimangono concentrati solamente sulla superficie ma vengono distribuiti in uno spessore variabile della colonna d'acqua. Questo stadio inconsistente di ghiaccio marino è chiamato **Frazil-ice**. L'azione dei venti e dei moti delle acque oceaniche tende ad aggregare insieme i cristalli di frazil-ice (che hanno forme variabili da dischetti laminari ad aghi, con spessori oscillanti da meno di 1 millimetro fino a 1 centimetro,) creando degli ammassi in superficie che, alla vista, assomigliano ad enormi macchie d'olio galleggianti. Il loro aspetto così particolare e la consistenza "brodosa" forniscono il nome a questo ulteriore livello della classificazione del ghiaccio marino: **Grease-ice**, ovvero ghiaccio-grasso. Nonostante il grease-ice possa raggiungere spessori anche di 1 metro, generalmente non va al di là di alcuni centimetri e per la sua formazione può trascorrere un tempo variabile da ore a giorni. Se le condizioni climatiche e degli oceani non sono particolarmente agitate, i cristalli di ghiaccio del grease-ice tendono a strutturarsi in lamine uniformi che, in apparenza, ricordano in tutto e per tutto la struttura del ghiaccio che si forma in inverno sullo specchio d'acqua di un laghetto alpino. Questi "fogli" di ghiaccio marino prendono il nome di **Nilas-ice** ed il loro colore (da molto scuro, quasi nero, al grigio più o meno intenso) è indice del loro spessore e dunque, della loro età. Quando lo spessore non supera i 5 centimetri, infatti, il nilas-ice è praticamente trasparente e prende il colore delle scure acque oceaniche sulle quali galleggia (in questo stadio la sua consistenza è quella del burro); man

mano che il suo spessore aumenta, il colore assume diverse tonalità di grigio che, con il passare del tempo, tendono al bianco. Se, però, le acque dove si sono formati i cristalli di frazil-ice sono piuttosto agitate, si ha la formazione di **Pancake-ice**. Venti e mari burrascosi, infatti, spingono i cristalli ad aggregarsi insieme in poche ore e a seguito di ulteriore congelamento, formano strutture a disco che ricordano il tipico pancake anglosassone. Il loro diametro, dai pochi centimetri iniziali, può raggiungere diversi metri e lo spessore di 40 - 50 centimetri. I pancakes, forzati insieme dal vento e dal moto ondoso (spesso sovrapponendosi l'un l'altro), si fondono reciprocamente e alla fine di questo processo, sul mare si ha una copertura di ghiaccio consolidata dove è possibile viaggiare anche con mezzi meccanici. Un'ultima variante di pack-ice che, però, è strettamente associata con il land-fast-ice (che non è pack. Si veda di seguito nel capitolo) è il cosiddetto **Platelet-ice** (ghiaccio "a placchette"), che si forma esclusivamente in zone con batimetrie superiori ai 200 metri. I platelet si originano al di sotto di coperture ghiacciate galleggianti già preesistenti, generalmente associati al fast-ice (ma possono formarsi anche sotto il vero e proprio pack-ice), a seguito del flusso di acqua marina che viene ancor più raffreddata. Il risultato sono ammassi di dischi di ghiaccio del diametro massimo di 15 cm e dello spessore di 3 mm che possono estendersi fino a 20 metri nella colonna d'acqua, anche se generalmente lo strato di platelet-ice varia da 1 a 5 metri. Con il passare del tempo, parte dei dischi slegati si congela alla copertura ghiacciata che li sovrasta, diventando un tutt'uno. Una variante del platelet-ice è l'**Anchor-ice** che si forma su strutture sommerse ma non coperte di ghiaccio, come rocce o persino animali. Quando si forma, intrappola al suo interno sedimenti, organismi bentonici di piccole dimensioni e addirittura pesci che vengono poi trasportati in superficie dal momento che l'anchor-ice, una volta staccatosi, galleggia.

- **LAND-FAST-ICE.** Quando l'acqua marina congela ma il ghiaccio rimane attaccato alla costa, all'ice-shelf o a giganteschi iceberg non è più possibile parlare di pack; questo nuovo tipo di ghiaccio ancorato ad una struttura fisica fissa non è influenzato nella sua genesi dall'azione dei venti, delle correnti e del moto ondoso ed è denominato land-fast-ice. Il fast-ice ha una stabilità molto superiore a quella del pack (è virtualmente una struttura statica) e questo lo rende particolarmente importante dal punto di vista ecologico in quanto rappresenta la transizione tra la terraferma e le acque oceaniche che ospitano il pack. Anche il fast-ice, però, si rompe e quando pezzi di esso vengono trasportati alla deriva diventano parti integranti del pack. Quello che normalmente avviene è la fratturazione del fast-ice lungo la linea di costa dovuta all'azione delle maree che genera quelle spaccature tidali che in alcune zone sono l'unica via d'accesso alle acque sottostanti per molti mammiferi (specialmente foche di Weddell) ed uccelli marini.



Pack ice: acqua di mare ghiacciato vecchio di un anno o più



Pancake-ice: il ghiaccio marino in formazione a volte prende la forma di frittella

- **ICE-SHELF.** Le gigantesche masse di ghiaccio continentale che ricoprono l'Antartide (calotta glaciale o *Inlandsis* antartico) hanno forma abbondantemente convessa e per gravità tendono a scivolare dal centro del continente verso le coste, fino a raggiungere il mare e definendo, con il loro margine, circa il 30% dell'estensione totale di queste. Raggiunto l'oceano, le masse di ghiaccio continentale (e dunque formate da acqua dolce) continuano il loro viaggio galleggiando sulle acque, presentando i tipici fronti perfettamente squadrati, alti anche diverse decine di metri. La parte sommersa della calotta galleggiante è ben più ampia di quella emersa. Gli Ice-shelves antartici sono i più estesi al mondo. Dalla frattura dei loro fronti si generano i celebri **Iceberg**, i quali, pur rappresentando uno dei tratti più distintivi e caratteristici delle regioni polari coperte dal pack, non sono strutture di ghiaccio marino. Man mano che gli iceberg vengono portati alla deriva, l'azione del vento, delle onde e delle variazioni di temperatura ne modellano la sagoma (a volte in forme spettacolarissime): gli iceberg perfettamente squadrati sono i più giovani, quelli maggiormente frastagliati i più vecchi. Come per la piattaforma dalla quale si generano, anche la parte emersa degli iceberg è di molto inferiore a quella sommersa.



Lingua di un ghiacciaio che per gravità tende a scivolare verso la costa.

Questa sommaria esposizione delle strutture e delle modalità di formazione del ghiaccio che ricopre gli oceani antartici non ha certamente la pretesa – né era nel suo obiettivo - di essere esaustiva (se si scorre la letteratura scientifica che tratta la materia si trovano davvero molti nomi diversi che indicano diverse categorie di ghiaccio marino); vuole però evidenziare la grande variabilità e lo spiccato dinamismo che caratterizzano gli ambienti ghiacciati al di sopra e al di sotto dei quali andranno ad operare i sommozzatori e le squadre di assistenza in superficie.

È, dunque, fondamentale ricordare che il ghiaccio marino è in continuo movimento e trasformazione sotto l'influenza di un gran numero di fattori tra quali spiccano, per importanza, l'azione del vento e delle correnti che spingono, più o meno rapidamente, i lastroni di ghiaccio a collidere oppure a divergere.

Le massime espressioni del primo caso sono i **Pressure-ridge**, creste di ghiaccio che si innalzano a seguito dello scontro tra blocchi di ghiaccio e che rendono irregolare non solo la superficie sub-aerea del sea-ice ma anche quella subacquea; queste creste possono estendersi per decine di metri sia sopra che sotto l'acqua e contribuiscono a rendere irregolare lo spessore della copertura ghiacciata.

Quando il ghiaccio si frattura e le lastre vengono allontanate l'una dall'altra, invece, si formano i **Lead**, immediatamente riconoscibili dal "fumo" che da essi fuoriesce, prodotto dall'evaporazione e condensazione dell'acqua repentinamente esposta alla temperatura notevolmente più bassa dell'aria atmosferica.

I lead, però, tendono a ricongelare immediatamente a differenza di quanto fanno le **Polynyas**, ampi tratti di mare (da pochi a migliaia di chilometri quadrati) che, per varie motivazioni (azione di venti e correnti o risalite di acque più calde dal fondo), possono restare completamente sgombre dai ghiacci anche durante tutto un inverno e per più stagioni consecutivamente.



Pressure-ridge, creste di ghiaccio





## CAPITOLO 6

### PREPARAZIONE ALLE IMMERSIONI

#### 6.1 Allestimento campo

La maggior parte delle attività subacquee italiane in Antartide si svolge all'interno della Tethys Bay, o in zone raggiungibili facilmente con mezzi terrestri e dunque, sotto il ghiaccio.

In funzione dell'attività scientifica o logistica da condurre, l'identificazione del sito d'immersione avviene per mezzo di una serie di fori ispettivi del diametro di 20 cm, praticati nella copertura ghiacciata con trivelle a mano, nei quali viene calato un profondimetro sagolato per valutare la profondità del fondale marino sottostante.

Una volta individuato il sito confacente alle esigenze dei sommozzatori si passa alle operazioni di realizzazione dei fori di accesso all'acqua. Per ogni sito di immersione, in base ai protocolli di sicurezza, si predispongono due fori di ingresso in acqua del diametro di 1,2 metri a circa 20/30 metri di distanza l'uno dall'altro, al fine di fornire ai sommozzatori due vie differenti per riguadagnare la superficie.



Realizzazione foro ispettivo

L'area viene successivamente ripulita e sgomberata. Se il punto è innevato vengono realizzate comode vie di accesso ai fori. Si prosegue con il posizionamento del rifugio sul foro principale e la segnalazione del secondo foro che, per sicurezza e per evitare che ricongeli rapidamente, viene coperto con un coperchio di legno. Prima dell'immersione, il coperchio verrà rimosso.

#### 6.2 Realizzazione foro

L'accesso all'acqua in Antartide non è mai agevole ed è subordinato all'apertura di fori nel ghiaccio marino con spessori che possono variare da 30 centimetri a molti metri. Normalmente, nelle aree adiacenti alla stazione "Mario Zucchelli", dove di consuetudine vengono condotte le attività subacquee del programma italiano, lo spessore del ghiaccio non supera mai i 3 metri: in un solo caso, eccezionalmente, si è dovuto perforare uno strato di ghiaccio spesso 3.8 metri.

Le tecniche utilizzate dagli operatori del PNRA sono due:

- apertura manuale, utilizzando motoseghe e moto-trivelle manuali;
- apertura motorizzata, con mezzi a motore e carotiere.

Per le attività subacquee condotte in prossimità della base, o in siti raggiungibili senza troppi problemi con mezzi ruotati o cingolati, l'apertura manuale del foro è stata abbandonata a favore di quella motorizzata.

### 6.2.1 Apertura manuale

Questa tecnica, attualmente dismessa utilizzata in rare occasioni, presenta molte problematiche realizzative (risultando particolarmente dispendiosa) e tempistiche lunghe. Tramite un carotiere manuale da 30 cm vengono eseguiti fori tangenti all'interno di un quadrato. Questa procedura porta al distacco del blocco di ghiaccio della dimensione del quadrato che viene quindi rimosso ed il foro pulito dalla graniglia.

La tecnica è molto impegnativa per gli operatori (anche da un punto di vista fisico) e non sempre il risultato è del tutto soddisfacente. Capita spesso, infatti, che la rimozione di alcune zone di ghiaccio fra i fori debba avvenire tramite moto sega o con uno scalpello a lama lunga.

Inoltre, l'operazione di finitura risulta anche molto pericolosa per il tecnico operante a bordo foro. In caso, però, di operazioni subacquee in aree non raggiungibili dal carotatore motorizzato e dove, per motivi di sicurezza e/o ambientali, non si possa utilizzare l'esplosivo, resta l'unica alternativa per l'apertura del foro.

### 6.2.2 Apertura motorizzata - Carotiere

Il dispositivo per la realizzazione dei fori è stato progettato dal PNRA e permette di eseguire fori fino a 3 metri di spessore con un diametro di 1.2 metri (Fig 1). Sono sufficienti due persone, per la realizzazione di un foro.

Il carotiere viene applicato ad un comune mezzo di sollevamento normalmente utilizzato nelle attività di Base (Figg. 2, 3, 4). Il dispositivo è dotato di un motore idraulico, alimentato dal mezzo di sollevamento, che ne assicura la rotazione a bassa velocità. Sulla base del carotiere sono stati inseriti taglienti in acciaio temperato che garantiscono una facile aggressione della superficie ghiacciata. Per la rimozione della graniglia all'interno del foro, è stata realizzata, sul diametro esterno, una piccola spirale elicoidale. Al termine del taglio provvede alla rimozione della carota tramite il sollevatore.

## 6.3 Container di protezione

Il foro principale dal quale i sommozzatori si immergeranno viene protetto tramite uno speciale container su slitte. L'uso delle slitte permette di non indebolire il ghiaccio vicino al foro e garantire le attività, anche per un lungo periodo, sullo stesso punto. (Figg. 5 e 6).

L'accesso al foro viene garantito da un'apertura che il container possiede. Gli operatori, durante la preparazione, utilizzano il fondo solido del container stesso.

Le pareti sono realizzate con materiale coibentato, per garantire un buon confort anche quando le condizioni atmosferiche non siano ottimali (vento forte) e vetrate per migliorare la visibilità in fase di preparazione.

All'interno è disponibile anche l'energia elettrica e il riscaldamento, forniti da un piccolo gruppo elettrogeno montato sullo stesso container.

Sul punto di apertura del fondo, in corrispondenza del foro su ghiaccio, è installato un piccolo verricello impiegato per la messa in acqua di strumentazione pesante.





Fig. 1 - Carotiere



Fig. 2 - Il carotiere applicato ad un comune mezzo di sollevamento



Fig. 3 - Foro in realizzazione



Fig. 4 - La carota di ghiaccio prelevata



Fig. 5 - container su slitte



Fig. 6 - Pulizia foto



## CAPITOLO 7

### PIANIFICAZIONE E CONDUZIONE DELL'IMMERSIONE

#### 7.1 Briefing

Prima di ogni immersione, di norma la sera precedente, il personale coinvolto si riunisce con il Capo Spedizione (o altro responsabile espressamente delegato) e il Diving Technician per discutere e pianificare il programma delle attività scientifiche e relativo programma di immersione.

Nell'incontro viene descritta, in linea generale, l'immersione e compilato il relativo modulo, definendo il profilo, la profondità massima, i tempi in profondità e il tempo complessivo dell'immersione. Viene presa come riferimento la tabella US Navy Tab.1 (v. Appendice)

Qualora l'attività preveda l'utilizzo di strumentazione particolare, vengono definiti i tempi e le modalità di ingresso e/o di recupero.

In questa prima fase vengono anche discusse eventuali procedure o segnalazioni da effettuare. Al termine dell'incontro verrà compilata la prima parte del modulo di immersione.

#### 7.2 Debriefing

Successivamente all'immersione viene effettuato un incontro con il personale coinvolto allo scopo di migliorare le procedure ed analizzare eventuali inconvenienti. Al termine dell'incontro verrà compilata la seconda parte del modulo di immersione.

Il modulo completo in ogni sua parte verrà archiviato in segreteria. La raccolta di queste informazioni servirà per poter migliorare ed ottimizzare le procedure.

#### 7.3 Modulo di immersione

Vedere allegato Tabb 2-3 (v. Appendice).

#### 7.4 Tecnica di immersione

##### 7.4.1 Osservazioni preliminari

Indipendentemente dal fatto che l'immersione antartica sia programmata sotto il pack, in acque libere o in acque continentali, ci sono delle precauzioni generali – ulteriori a quelle normalmente messe in atto prima di qualunque immersione - che il sommozzatore ha l'obbligo di seguire per garantire la sua massima sicurezza possibile.

L'esposizione ad acque estremamente fredde (e quelle del Mare di Ross sono tra le più fredde in assoluto del pianeta) può notevolmente aumentare il rischio di ipotermia, narcosi da azoto e di MDD e pertanto, ogni fattore predisponente all'insorgenza degli incidenti subacquei deve essere minimizzato, se non del tutto eliminato.

Il seguente elenco indica una serie di comportamenti pre-immersione cui il subacqueo ha l'obbligo di conformarsi e la cui inosservanza porterà all'esclusione dello stesso dalle operazioni da parte del Diving Technician:

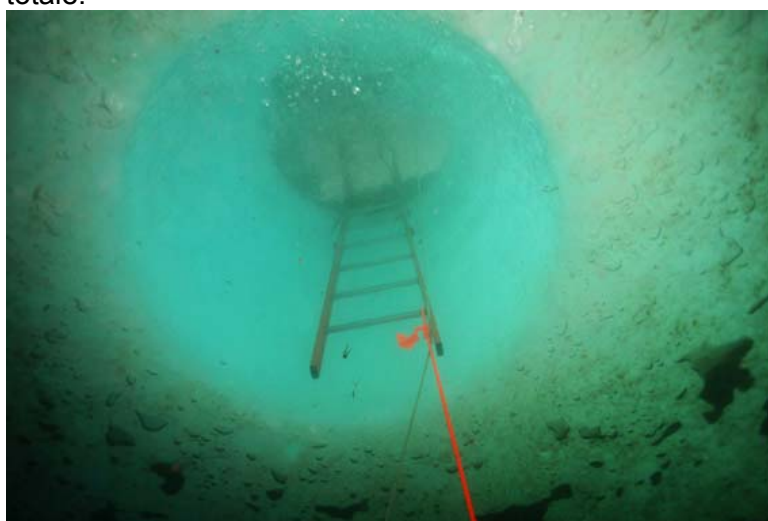
- innanzitutto, ogni sommozzatore deve affrontare l'immersione dopo aver adeguatamente riposato e comunque non in condizioni di stress psico-fisico;

- particolare rilevanza assume la corretta idratazione dal momento che il clima incredibilmente secco del continente antartico comporta seri problemi di disidratazione. L'adeguata idratazione deve cominciare nelle 24/12 ore precedenti l'immersione e prevedere un'ultima assunzione di liquidi poco prima del tuffo in acqua. È fondamentale idratarsi anche subito dopo la riemersione;
- nello stesso periodo NON deve essere assunto alcool, anche in quantità modeste, perché causa vasodilatazione periferica (maggiore dispersione di calore corporeo) e fa innalzare la percentuale di grassi (trigliceridi) in circolazione, con conseguente maggiore possibilità di insorgenza di MDD;
- nelle tre ore precedenti l'immersione deve essere consumato un pasto ricco in carboidrati e proteine, ma non in grassi;
- vanno evitate docce e bagni caldi sia prima che, soprattutto, subito dopo l'immersione e si consiglia di non lavarsi il volto per non rimuovere il film idrolipidico dalla pelle; agli uomini è, inoltre, raccomandato di non radersi la barba nelle ore immediatamente precedenti l'ingresso in acqua. La rasatura a fondo, infatti, rimuove anche parte dello strato protettivo della pelle e la zona inferiore del volto è quella che – unica – sarà a diretto contatto con l'acqua, aumentando il rischio di frost-bite;
- NON fumare nell'ora precedente e successiva all'immersione;
- ogni sommozzatore, prima di indossare la muta e i guanti stagni, deve verificare con estrema attenzione che non vi siano rotture o tagli nei tessuti, sia pur piccolissimi, che possano far trafilare acqua all'interno;
- limitare quanto più possibile l'esposizione delle attrezzature SCUBA al freddo intenso e alle intemperie durante il trasferimento al sito di immersione e nelle fasi preparatorie.

Si tenga inoltre presente che è stato ampiamente dimostrato come l'ipotermia riduca considerevolmente la capacità di giudizio, le funzioni cognitive e la destrezza manuale. Ed è importante sottolineare che tali limitazioni non solo rendono i subacquei maggiormente esposti ai rischi di incidenti, ma vanno anche a influenzare negativamente le attività e le operazioni di ricerca scientifica subacquee **potendo potenzialmente comportare la raccolta di informazioni e dati inesatti.**

#### 7.4.2 Immersione da foro

L'immersione da foro nel ghiaccio (generalmente fast-ice) è la più comunemente praticata nell'ambito dei diversi Programmi di ricerca antartici nazionali e ricopre l'80 – 90% del numero totale.



Nel capitolo precedente (Cap. 6) sono state descritte le procedure per la realizzazione dei fori e l'allestimento della struttura logistica di supporto.

In corrispondenza del foro viene calata una sagola guida alla quale sono appese, circa ogni 3-5 metri, luci stroboscopiche che ne agevolino la localizzazione; alla profondità di 6 metri, è fissata una bombola di back-up con due erogatori.



Quando entrambi i subacquei saranno pronti per saltare in acqua, si scambieranno un ultimo segnale di OK e solo a quel punto l'assistente di superficie aprirà le bombole al primo subacqueo che si lascerà scivolare nel foro nel ghiaccio.

**Per nessuna ragione dovranno essere effettuati atti respiratori di prova con gli erogatori fuori dall'acqua!!!**

La prima inspirazione deve avvenire con il primo stadio sommerso e il secondo completamente allagato.

Il primo a scendere in acqua sarà sempre il subacqueo su cui grava la responsabilità della supervisione e della gestione dell'immersione e cioè il sommozzatore logistico; in caso di due scientifici in acqua (ma con il logistico in stand-bay sul foro), colui il quale, a giudizio del Diving Officer, verrà indicato come il più esperto ed affidabile.

Il secondo sub raggiungerà, a pochi secondi di distanza, il compagno già in acqua seguendo le medesime procedure ed entrambi si fermeranno alla profondità di 6 metri, in corrispondenza della bombola di emergenza fissata alla cima guida, per il controllo reciproco delle attrezzature e la verifica del reciproco, positivo stato psico-fisico. Ottenuti tutti i gli OK richiesti, il subacqueo leader indicherà che si potrà raggiungere il fondale (o comunque la profondità concordata in fase di pianificazione) e dare inizio alle attività previste per l'immersione in corso.

L'immersione sotto i ghiacci non richiede l'applicazione di particolari o speciali tecniche ma, a causa delle rigidissime temperature e dell'impossibilità di raggiungere direttamente la superficie in qualunque momento, necessita della conoscenza e della messa in pratica di alcune norme e



manovre mutuata dalla subacquea tecnica e in particolare dalla speleologia subacquea. È da considerarsi, infatti, un'immersione in ambiente ostruito (lo è nei fatti) anche se in pratica non ci si ritrova a doversi muovere in ambienti ristretti come relitti o grotte

La prima di queste norme è la cosiddetta **Regola dei Terzi** in base alla quale la scorta di gas totale a disposizione per l'immersione deve essere divisa in tre parti: il primo terzo verrà utilizzato per raggiungere l'obiettivo, il secondo per riguadagnare la superficie e l'ultimo sarà tenuto come riserva da impiegare in caso di emergenza.

In pratica, l'immersione nel suo complesso deve essere condotta facendo affidamento solo su 2/3 della bombola. Se non sopravvengono imprevisti, ogni sommozzatore dovrà riemergere con la bombola carica con almeno 1/3 della quantità iniziale di gas respirabile.

Nell'utilizzo dei bi-bombola, i sub dovranno essere abili nelle manovre di chiusura delle proprie rubinetterie e dell'isolatore nel manifold centrale ed essere in grado di bloccare autonomamente un evento di erogazione continua dovuto al congelamento dell'erogatore.

La prima reazione ad un inconveniente del genere dovrà essere quella di isolare le due bombole chiudendo il rubinetto sul manifold e di passare immediatamente all'erogatore secondario. Se si riesce a chiudere successivamente anche il rubinetto a cui è collegato l'erogatore in flusso continuo, si potrà di seguito riaprire l'isolatore centrale e tornare ad avere a disposizione la riserva di gas ancora presente in entrambe le bombole.

**La prima operazione, però, è quella fondamentale perché consente di salvare il gas contenuto in almeno una delle bombole.**

Assolutamente non si deve incorrere nell'errore di continuare a respirare dall'erogatore in flusso continuo (nell'idea di sfruttare, almeno parzialmente, il gas che si sta perdendo), mentre si tenta di riguadagnare il foro d'uscita. Il rischio di ritrovarsi con la bocca congelata e con conseguenti dolorosissime lacerazioni dei tessuti molli e fratture dei denti diventa altissimo.

L'utilizzo del mono-bombola, a fronte del vantaggio di peso e ingombri minori da gestire, riduce il margine di sicurezza attiva e passiva perché permette di trasportare in immersione una quantità sensibilmente inferiore di gas respirabile rispetto a un bi-bombola e non consente di intervenire autonomamente sulla rubinetteria in caso di malfunzionamento degli erogatori.

Nell'eventualità di un inconveniente tecnico subacqueo con il mono, la dipendenza dall'intervento del compagno per la sua positiva risoluzione diventa pressoché totale; pertanto, la capacità dei sommozzatori di reagire prontamente all'esaurimento della scorta di gas da parte di uno dei due e di organizzare e attuare una risalita d'emergenza in coppia, deve essere ben sviluppata (tale capacità verrà valutata e implementata durante il corso d'istruzione – Par. 2.3.1).

La bombola di emergenza, fissata a 6 metri di profondità, ha proprio la funzione di far fronte a un'eventualità del genere e di permettere ai sub di non dover riguadagnare la superficie in maniera pericolosamente veloce, anche in caso di esaurimento del gas respirabile nella propria bombola.

In generale, per ridurre il rischio di congelamento degli erogatori e per evitare l'insorgenza dell'affanno, la respirazione deve essere regolata secondo un ritmo rilassato e cadenzato, evitando inspirazioni repentine, più rapide e profonde del normale, inconsapevoli e incontrollate.

Bisogna far attenzione, però, a non effettuare innaturali e forzate micro-apnee tra un atto respiratorio e l'altro che potrebbero provocare l'incidente chimico noto come l'ipercapnia (innalzamento della pressione parziale dell'anidride carbonica nel sangue) che, nella pratica della subacquea, si traduce nell'affanno e, nelle forme più gravi, in panico.

Trattenere il respiro non permette di consumare meno gas (come impropriamente si può credere), né previene il congelamento dell'erogatore. Gli atti respiratori tenderanno, infatti, a divenire man mano più bruschi e violenti fino alla completa perdita del controllo del ritmo in fase di affanno.

Oltre a essere pericoloso in sé (è il primo passo verso il panico), l'affanno è anche caratterizzato dall'accelerazione del ritmo respiratorio, il fattore che più di ogni altro favorisce l'evento di congelamento dell'erogatore e quindi di erogazione continua. Le possibili conseguenze per un sub già in difficoltà a causa dell'affanno, a cui vada anche in flusso continuo l'erogatore, sono facilmente immaginabili.

Poiché la violenta espansione adiabatica del gas in uscita dalla bombola causa la brusca caduta della temperatura, ogni valvola dell'attrezzatura (e dunque non solo quelle all'interno degli erogatori) può congelare quando attraversata dal gas richiamato dalle bombole.

Pertanto l'assetto in immersione dovrà essere regolato cercando di centellinare al massimo le insufflazioni di gas nella muta stagna e nel GAV; e poiché certamente verrà immesso del gas all'interno della muta stagna per il comfort termico, questo stesso gas dovrà essere utilizzato anche per regolare l'assetto.

Il GAV deve essere considerato quasi - se non proprio - come uno strumento di back-up e deve essere usato il meno possibile.



Foto: La bombola di emergenza, fissata a 6 metri di profondità

**Più in generale, ci si deve ricordare che meno aria fredda e turbolenta verrà fatta scorrere all'interno delle valvole dell'attrezzatura, minore sarà il rischio di congelamento delle stesse.**

Il sub in acqua con funzioni di supervisore dell'andamento dell'immersione – sagolato con l'assistente di superficie – si terrà sempre a stretto contatto con il compagno cercando di mantenersi in una posizione leggermente arretrata e superiore. Il secondo sommozzatore (che potrebbe non essere legato con la superficie) ha l'obbligo di mantenersi in contatto visivo con il sub-supervisore, rispondere prontamente alle richieste di OK e deve verificarne continuamente la posizione e le condizioni (gli inconvenienti, o gli incidenti posso capitare ad entrambi).

Tutti i sommozzatori, nel momento in cui si staccano dalla sagola guida in corrispondenza del foro, dovrebbero applicare le regole della navigazione subacquea basata sia sull'orientamento con mezzi naturali (riconoscimento successivo di particolari inequivocabili del fondale), che con mezzi strumentali (bussola).

È comunque buona e fondamentale norma controllare anche la posizione di entrambi i fori d'uscita (che appaiono come spot di luce intensa nella copertura ghiacciata) almeno in ogni occasione in cui si verificano le condizioni del compagno.

**La conduzione dell'immersione con sommozzatori non sagolati alla superficie e le procedure di orientamento si intendono valide solo ed esclusivamente in condizioni di ottima visibilità e assenza di correnti impegnative.**

In caso contrario, le immersioni dovranno essere condotte con ciascun sommozzatore sagolato e in comunicazione con l'assistente di superficie.

Nell'ipotesi di perdita di contatto visivo tra i sommozzatori e con i fori d'uscita e nell'impossibilità di riguadagnare con **CERTEZZA** la via verso la sagola guida (punto di partenza), il sommozzatore momentaneamente smarrito dovrà risalire in verticale fino a raggiungere il tetto di ghiaccio, assumere la posizione verticale per rendersi il più visibile possibile e attendere di essere raggiunto dal compagno sagolato.

Si può utilizzare il coltello piantato nel ghiaccio per mantenere il punto e come perno per ruotare su se stessi cercando di individuare la linea guida o i soccorsi.

**NON CERCARE MAI DI RIGUADAGNARE IL FORO DA SOLI SE NON LO SI E' INDIVIDUATO CON CERTEZZA!**

Il rischio è quello di allontanarsi ancora di più e di spostarsi considerevolmente rispetto al punto in cui si è avuto l'ultimo contatto con il compagno, rendendo più complesse le ricerche.

Seguendo la procedura si otterranno i vantaggi di avere una più lunga autonomia (in superficie il consumo di gas respirabile si riduce al minimo), di non far sorgere dubbi ai soccorritori sulla profondità alla quale si trovi il disperso (lo cercheranno immediatamente al di sotto del ghiaccio) e di non allontanarsi pericolosamente dal foro d'uscita (le immersioni sono condotte sempre nel raggio di pochissime decine di metri dal foro).

Le immersioni terminano invariabilmente con la risalita lungo la sagola guida e la sosta di sicurezza di 3 min. tra i 3 e i 5 metri di profondità. Il sub-supervisore riemergerà per ultimo.

Prima di infilarsi nel tunnel di ghiaccio che porta alla superficie i sommozzatori devono assolutamente verificare che questo non sia stato occupato da altri animali, specialmente pinnipedi



di grandi dimensioni (generalmente si tratta di foche di Weddell). In tale eventualità la squadra di assistenza avrà già provveduto a cercare di allontanare l'animale, ma un'ultima verifica da parte dei sub è obbligatoria.

Se la foca dovesse essere presente all'interno del tunnel ci si deve allontanare dal foro per permetterle di immergersi e andarsene; eventualmente raggiungere il secondo foro d'uscita.

**QUALUNQUE PROBLEMA DURANTE L'IMMERSIONE, DI OGNI NATURA E GRAVITÀ (ANCHE MINIMALE), COMPORTA L'IMMEDIATA INTERRUZIONE DELL'IMMERSIONE STESSA E LA RISALITA CONTROLLATA.**

### 7.4.3 Immersione in acque libere

Le immersioni in acque libere (da gommone, da battello oceanografico o da margine del pack) hanno la peculiarità, rispetto a quelle da foro nel ghiaccio, di prevedere obbligatoriamente per ciascun sommozzatore il collegamento con la superficie tramite la sagola di sicurezza manovrata dall'assistente di superficie ogni qualvolta, nel sito prescelto, siano presenti lastroni di ghiaccio alla deriva o condizioni ambientali difficoltose.

In nessun caso, senza l'approvazione espressa del Diving Technician, è possibile immergersi in acque libere antartiche senza che tutti i sommozzatori siano assicurati alla superficie con la sagola.

Ciò premesso, altra grande differenza con le immersioni da foro è la preventiva valutazione delle condizioni ambientali del sito di immersione.

Il Diving Technician verificherà lo stato del mare e delle lastre di ghiaccio galleggianti mezz'ora prima dell'inizio dell'immersione: in caso di una sua insindacabile valutazione di pericolo ambientale eccessivo, l'immersione verrà annullata.

Analogamente verrà annullata se, in prossimità del sito di immersione, saranno avvistate orche o foche leopardo.

La valutazione ambientale terrà fondamentalmente conto delle condizioni atmosferiche (stato del mare e del vento), delle dinamiche in zona dei ghiacci galleggianti, della visibilità in acqua e della possibilità di garantire le necessarie condizioni di sicurezza agli assistenti di superficie (sia che essi si trovino a bordo di un battello o sul ghiaccio).

Le attrezzature per la conduzione delle immersioni in acque libere sono del tutto uguali a quelle utilizzate per le immersioni da foro nel ghiaccio. È, però, previsto obbligatoriamente in aggiunta il pallone di segnalazione (siluro) da utilizzarsi per indicare la propria posizione in caso di perdita di contatto con il battello.

Pur non essendo un'immersione in ambiente ostruito e condotta generalmente a profondità limitate, è comunque richiesta l'applicazione della regola dei Terzi.

### 7.4.4 Immersione con miscele iperossigenate - NITROX

A causa principalmente di motivazioni di carattere logistico, le immersioni con miscele respiratorie differenti dall'aria atmosferica compressa non sono mai state utilizzate nell'ambito delle attività subacquee del PNRA e solamente in maniera del tutto occasionale ed estemporanea in altre situazioni.

Tuttavia, tralasciando le miscele ternarie (Trimix) o binarie con l'utilizzo di elio (Heliox), che per il tipo di attività subacquee condotte finora in Antartide rappresenterebbero solamente un'inutile se

non dannosa complicazione, le immersioni condotte con miscele iperossigenate (Nitrox) meritano, invece, di essere esplicitamente citate e trattate, aprendo un'approfondita riflessione sull'opportunità di inserirle nei programmi subacquei antartici, nella prospettiva che possano diventare, in un prossimo futuro, lo standard per le immersioni in acque gelide entro i 40 metri di profondità.

Le miscele Nitrox sono composti gassosi nei quali la frazione percentuale di ossigeno nell'aria atmosferica (miscela normossica) viene aumentata (miscela iperossica) a discapito della frazione percentuale di azoto.

In pratica la frazione di ossigeno nella miscela di gas viene elevata a valori percentuali superiori al 21% (proprio dell'aria atmosferica) e quella dell'azoto diminuita a valori percentuali (complementari a quelli dell'Ossigeno) inferiori al  $\approx 79\%$  (proprio dell'aria atmosferica)

I vantaggi di siffatte miscele (legati sia alla minore presenza di azoto che alla maggiore quantità di ossigeno) sono molteplici e **particolarmente enfatizzati nell'immersione polare**.

Poiché è l'azoto ad essere il maggiore responsabile del fenomeno della narcosi (Sindrome Neuropsichica da Aria Compressa – SNAC) e delle potenziali MDD, appare immediatamente evidente che assumerne di meno durante la respirazione subacquea comporta degli immediati vantaggi. Inoltre nel caso delle acque freddissime dell'Antartide, dal momento che lo scioglimento di un gas in un liquido è favorito dalle basse temperature, il guadagno in termini di sicurezza (riferito in particolare alla possibilità di insorgenza di MDD) risulta ancora maggiore.

L'iperossigenazione, poi, entro certi limiti favorisce l'integrità cellulare dei tessuti riducendo ancora di più il rischio di incidenti da embolia.

Riassumendo, le miscele Nitrox offrono i seguenti vantaggi:

- limiti di Non-Decompressione più spostati in avanti (maggiori permanenze in curva di sicurezza); oppure, applicando i limiti di tempo delle tabelle in aria (maggiore conservativismo), quantità di azoto residuo nei tessuti alla riemersione estremamente ridotta rispetto a una stessa immersione condotta respirando aria atmosferica compressa (Fattore Azoto Residuo – FAR – inferiore);
- in caso di accidentale e impreveduta immersione fuori curva, tempi di decompressione ridotti e decompressione più efficace;
- immersioni ripetitive più lunghe o, in caso di tempo di fondo prestabilito per la ripetitiva, minor intervallo di superficie da dover attendere per raggiungere l'adeguato FAR;
- analogamente, notevole riduzione anche dei tempi di NO-FLY, con tutti i vantaggi facilmente immaginabili in caso di evacuazione aerea di un incidentato;
- riduzione significativa della narcosi da azoto, con benefici sia in termini di sicurezza personale del sommozzatore che del rigore e della precisione nella raccolta di dati e campioni scientifici;
- minor senso di spossatezza e sonnolenza a fine immersione (in genere riportato dalla stragrande maggioranza dei subacquei che utilizzano nitrox).

In generale il Nitrox riduce considerevolmente (statisticamente) il rischio di insorgenza di MDD (e quando si verificano incidenti embolici sono generalmente meno gravi rispetto ai corrispettivi verificatisi in immersioni ad aria compressa), in special modo nel caso di soggetti più esposti al rischio di embolia come quelli che operano in acque estremamente fredde.

Ovviamente, il Nitrox ha anche delle controindicazioni legate al maggior assorbimento di Ossigeno e alle elevate pressioni parziali (iperossia) che questo raggiunge a profondità inferiori rispetto all'aria compressa.

Tali inconvenienti, però, nel caso delle immersioni in Antartide, che raramente si svolgono al di sotto dei 30 metri di profondità, sono praticamente irrilevanti e dovrebbero essere presi in

considerazione come fattori realmente limitanti nella programmazione di immersioni a quote maggiori.

Quindi, per tutti i suesposti motivi, l'utilizzo di miscele Nitrox nell'ambito dei programmi subacquei polari rappresenterebbe un superiore fattore di sicurezza sia attiva che passiva e un fattore di maggiore efficienza operativa che non potranno essere ancora ignorati e tralasciati.

In tale prospettiva il PNRA valuterà l'adozione in tempi brevi delle appropriate attrezzature per consentire la preparazione delle miscele Nitrox nella base "Mario Zucchelli", aprendo anche la strada a future ulteriori possibilità tecnologiche (Subacquea Tecnica, Sistemi a Circuito Chiuso).

**Resta inteso che l'utilizzo delle miscele Nitrox (ai vari livelli) nell'ambito del PNRA è subordinato a un addestramento specifico, fornito da corsi specializzati e attestato dal rilascio di appositi e riconosciuti brevetti.**

#### 7.4.5 Immersioni in Atmosfera Rarefatta – Alta quota

Si è già accennato al fatto che in Antartide, al livello del mare, la pressione atmosferica è leggermente inferiore alla canonica 1 ATM delle aree temperate del pianeta (a causa del minor strato di atmosfera dovuto al leggero schiacciamento ai poli del pianeta Terra) e quindi essa corrisponda orientativamente alla stessa pressione atmosferica che si ha a circa 300 metri di quota alle medie latitudini.

Poiché, a seguito dei più recenti studi, le maggiori agenzie didattiche subacquee hanno fissato proprio a 300 metri slm. (ma altri lo posizionano a 500 o finanche a 700 metri slm.) il limite oltre il quale l'immersione deve essere considerata in ATMOSFERA RAREFATTA (ALTA QUOTA), rappresenterebbe un'inutile e macchinosa esagerazione classificare le attività subacquee nei mari antartici tra quelle condotte in alta quota; tuttavia, le immersioni negli specchi d'acqua interni dell'Antartide, anche se ad altitudini geografiche piuttosto modeste, vanno considerate e gestite come immersioni in Atmosfera Rarefatta.

**Come per il Nitrox, anche le immersioni in alta quota possono essere effettuate nell'ambito del PNRA solo a seguito di un addestramento specifico, fornito da corsi specializzati e attestato dal rilascio di un apposito e riconosciuto brevetto.**



## CAPITOLO 8

### INTERAZIONI CON LA VITA SOTTOMARINA

#### 8.1 Forme di vita pericolose

Prima parlare di forme di vita marina antartica che possano rappresentare potenziali pericoli per i sommozzatori è necessario operare due fondamentali distinzioni: la prima è, per così dire, relativa alla latitudine dei siti di immersione in Antartide; l'altra, invece, alla consistenza, qualità ed estensione della copertura ghiacciata sul mare.

La scarsità di elasmobranchi (squali, trigoni, ecc.), che alle latitudini maggiori diventa quasi totale (ad eccezione di qualche specie di Razza) e di pesci ed invertebrati velenosi e/o urticanti (Figg.in basso) fa sì che le uniche reali minacce di origine zoologica possano derivare quasi esclusivamente dal comportamento aggressivo di alcune specie di mammiferi marini.

Se si considera l'intera regione antartica (intendendo per questa tutta quella zona delimitata dall'estensione massima stagionale dei ghiacci marini e che si estende verso nord ben al di sopra del 60° parallelo sud, inglobando tutte le isole peri-antartiche), gli animali potenzialmente pericolosi per le attività subacquee in circuito aperto, o anche semplicemente di snorkeling, sono rappresentati dagli individui appartenenti a 5 specie dell'ordine dei pinnipedi (4 della famiglia *Phocidae* e 1 di quella *Otariidae*) e a una dell'ordine dei cetacei (famiglia *Delphinidae*):

- Otaria Orsina Antartica – Antarctic Fur Seal (*Arctocephalus gazella*). *Otariidae*
- Elefante Marino del Sud – Southern Elephant Seal (*Mirounga leonina*). *Phocidae*
- Foca Cancrivora – Crabeater Seal (*Lobodon carcinophaga*). *Phocidae*
- Foca di Weddell – Weddell Seal (*Leptonychotes weddellii*). *Phocidae*
- Foca Leopardo – Leopard Seal (*Hydrounga leptonyx*). *Phocidae*
- Orca – Killer Whale (*Orcinus orca*). *Delphinidae*

E' ovvio che non tutte le specie di animali citati sono ugualmente distribuite nella regione antartica; anzi, le differenze di areale tra alcuni di queste sono estremamente importanti.

Tale considerazione giustifica la prima distinzione operata in apertura di paragrafo e cioè quella relativa alla latitudine del sito ove si andranno ad affrontare le immersioni.

Mentre, infatti, l'otaria orsina antartica e l'elefante marino del sud hanno le loro maggiori colonie nelle isole sub-antartiche situate da circa 70° di longitudine OVEST (più o meno in corrispondenza delle Penisola Antartica), gli altri pinnipedi sopraindicati si incontrano preferibilmente più a sud, a 80° di longitudine EST, lungo le coste del continente antartico. Le orche, invece, sono cosmopolite.

Molte differenze sono dovute, però, allo stile di vita adottato, conseguente all'adattamento ai diversi habitat: a parità di latitudine, sono le differenti situazioni ecologiche a condizionare fortemente la distribuzione delle diverse specie e la probabilità di incontrarle. Ciò spiega il perché della seconda distinzione di inizio paragrafo.



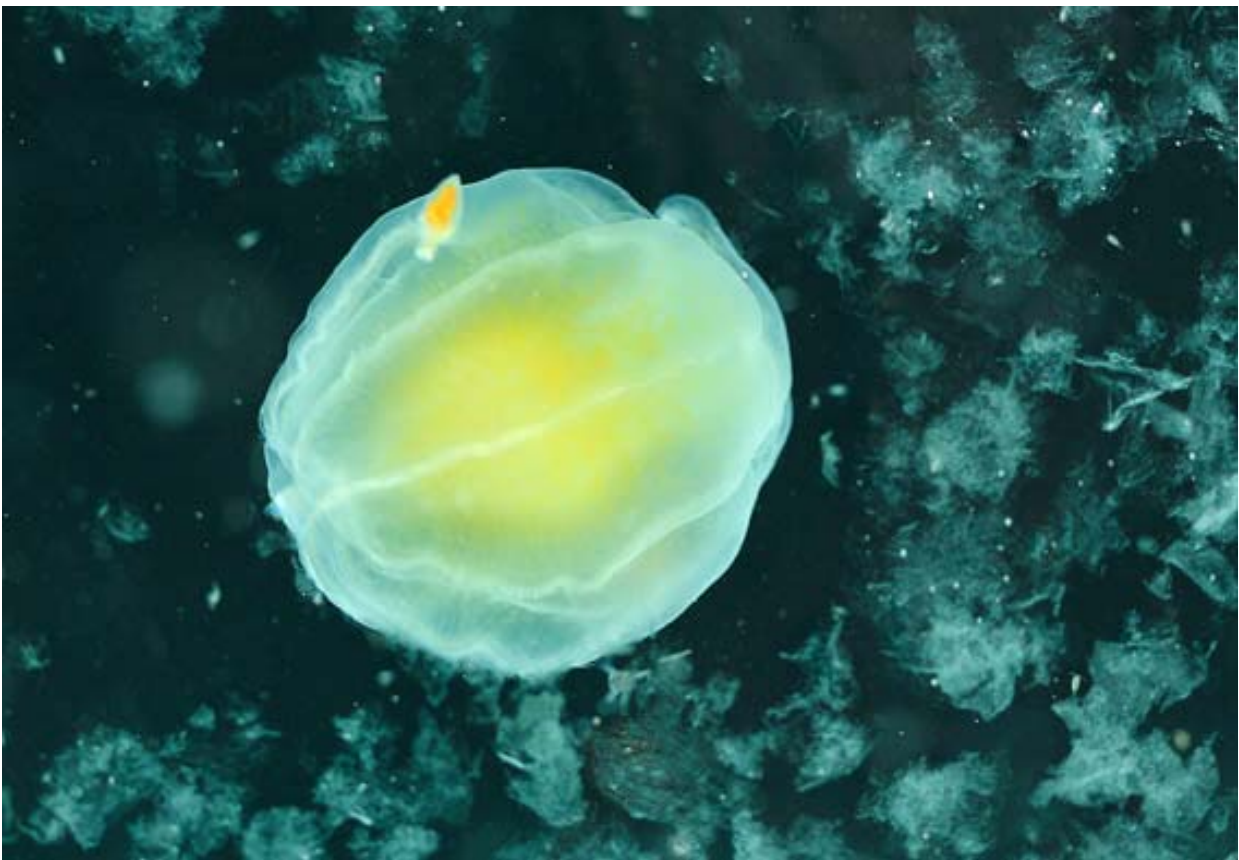
Il benthos sotto la calotta polare del mare di Ross







Sotto la calotta polare del mare di Ross



### 8.1.1 Otaria Orsina Antartica

L'otaria orsina antartica è la specie appartenente alla famiglia *Otariidae* (il gruppo dei leoni marini o delle "foche con le orecchie") con l'areale più meridionale al mondo. Le maggiori colonie riproduttive sono situate in tutti quei lembi di terra (isole) appena al di sotto della convergenza antartica, principalmente nella Georgia del Sud, nelle Shetland del Sud e nelle Orcadi australi, dove risiede circa il 95% dell'intera popolazione durante il periodo della riproduzione. Altre importanti colonie, pur se numericamente minori, sono quelle delle isole Macquarie, McDonald, Heard, Bouvet, Marion, Kerguelen, Prince Edward e Crozet.

Alla fine dell'estate, maschi vaganti (soprattutto giovanili) raggiungono la Penisola Antartica.

Un maschio adulto può raggiungere i 200 kg di peso e i 2 metri di lunghezza mentre le femmine sono molto più piccole (circa 1,30 metri e 40 kg).

Durante la stagione riproduttiva (da ottobre a dicembre) i maschi dominanti stabiliscono i loro territori sulle spiagge lungo la linea di costa e li difendono con grande aggressività, anche in acqua, dove cercano di impedire a chicchessia di raggiungere le femmine in estro sulla spiaggia.

Le immersioni dovrebbero, quindi, essere evitate in questo periodo in prossimità delle coste di fronte alle colonie riproduttive.

Durante il resto dell'anno le otarie sono estremamente curiose e giocose ed è piuttosto comune interagire con esse durante le attività subacquee. Sono quasi sempre loro ad avvicinarsi ai sommozzatori in piccoli gruppi, fino a ricercare il contatto; il loro comportamento non deve essere interpretato come aggressivo anche nel caso di animali che spinti dalla curiosità arrivino a mordicchiare le pinne o altre parti dell'attrezzatura scuba. Il subacqueo non deve mai reagire scompostamente, soprattutto se si tratta di femmine o esemplari giovani.

Per quanto non siano mai stati riportati incidenti causati in acqua dalle otarie orsine antartiche (ma molti sono i morsi registrati ad esseri umani sulla terraferma) e nonostante mostrino raramente atteggiamenti aggressivi verso i subacquei, non bisogna, tuttavia, mai dimenticare che un maschio adulto che si senta minacciato, anche lontano dalle colonie riproduttive, potrebbe decidere di attaccare.

In caso di segnali di aggressività, i subacquei devono uscire dall'acqua rapidamente ma senza mai mostrare agitazione o concitazione.



Otaria



### 8.1.2 Elefante Marino del Sud

L'elefante marino del sud ha le sue maggiori colonie riproduttive nelle stesse isole dove si riproduce anche l'otaria orsina antartica ma, in più, ha colonie anche nelle Sandwich del Sud, nell'isola di Gough e lungo la penisola antartica; al di fuori del periodo della riproduzione, però, migra in aree molto più estese dell'Oceano Meridionale con alcuni esemplari erratici che si spingono estremamente più a sud in prossimità delle coste del continente antartico.

Nel 2004 un grosso maschio ha raggiunto la Stazione "Mario Zucchelli" (foto in basso). Uscito dall'acqua è risalito lungo il pendio tra la linea di costa e i moduli abitativi della base, suscitando una certa sorpresa e apprensione tra gli abitanti della stazione. Il giorno successivo è tornato in mare allontanandosi.

L'elefante marino del sud è il pinnipede più grande al mondo: i maschi possono raggiungere i 5 metri di lunghezza e i 5000 kg di peso; le femmine, come nel caso dell'otaria orsina antartica, presentano un dimorfismo sessuale molto accentuato e si "fermano" a 3 metri di lunghezza e 900 kg di peso.

Sono note la ferocia e l'aggressività (anche verso gli esseri umani) con i quali i maschi dominanti difendono sulle spiagge i propri harem. Non sono noti incidenti in acqua dovuti ad attacchi da parte di elefanti marini a subacquei, ma certamente le immersioni in prossimità delle colonie nel periodo riproduttivo (settembre – ottobre) devono assolutamente essere evitate.

Al di fuori della stagione riproduttiva, diversamente dalle otarie orsine antartiche, gli elefanti marini non hanno mai mostrato aggressività in acqua verso i sommozzatori e preferiscono evitare il contatto allontanandosi.



Anno 2004: Elefante marino raggiunge la Stazione Mario Zucchelli

### 8.1.3 Foca leopardo

La foca leopardo è presente lungo tutto il margine del continente antartico (specialmente nella regione della Penisola) dove preferisce gli habitat del pack-ice e del fast-ice. È però regolarmente presente anche nelle acque delle isole peri-antartiche (soprattutto in primavera) ed esemplari erratici possono vagare per migliaia di miglia (fino alle isole Falkland, in Nuova Zelanda o Sud Africa).

È la più grande delle quattro specie di foche che abitano il continente antartico e le femmine raggiungono dimensioni leggermente superiori a quelle dei maschi: poco più di 3,5 metri di lunghezza e quasi 600 kg di peso contro poco meno di 3,5 metri e circa 450 kg.

Come la foca cancrivora, ma a differenza della foca di Weddell, la foca leopardo non è in grado di spingersi in anea per lunghi tragitti sotto la calotta polare e il suo ambiente ideale è, quindi, il confine tra banchisa e mare aperto.

È l'unica foca che predi altri pinnipedi, anche se occasionalmente (oltre a pesci, pinguini e krill) e per questo motivo, insieme alle orche, viene considerata la predatrice di vertice nella catena trofica dei mari antartici.

È certamente l'animale che suscita le maggiori preoccupazioni nei sommozzatori impegnati in Antartide anche perché, essendo una foca generalmente solitaria ed estremamente silenziosa, viene avvistata solo quando essa decide di avvicinare il subacqueo.

Sono stati riportati diversi casi di animali avvistati dal personale di supporto in superficie dei quali i sommozzatori non hanno percepito minimamente la presenza se non quando riemersi e avvisati.

L'attacco di una foca leopardo è stato la causa dell'unico incidente fatale causato da un animale ad un essere umano in acqua in Antartide.

Va, però, precisato che la sfortunata ricercatrice inglese Kirsty Brown (vittima dell'attacco mortale nel luglio del 2003) stava effettuando attività di snorkeling in superficie e non di immersione con apparato scuba.

Inoltre la causa della morte di Kirsty Brown è stato l'annegamento: la foca leopardo responsabile dell'uccisione, infatti, non l'ha "sbranata" ma trascinata sott'acqua (il computer al polso della ricercatrice inglese segnava la profondità di -70 metri) mostrando un comportamento che non era mai stato registrato nel corso delle numerose interazioni subacquee tra foche leopardo e sommozzatori.

È probabile che l'attacco mortale sia stato portato nell'ambito del comportamento di "identificazione della preda", dal momento che Kirsty Brown si trovava in superficie, indossava una muta e pinne nere e la foca è arrivata di nascosto senza mai mostrarsi.

Invece, nei casi di incontro tra foche leopardo e sommozzatori con apparati scuba, in genere l'atteggiamento registrato del predatore è incentrato sulla curiosità ed è la foca stessa a cercare incontri molto ravvicinati. Nonostante questi approcci possano sembrare essere accompagnati da una certa aggressività, fino ad ora non si sono mai tradotti in attacchi concreti.

In caso di incontro subacqueo improvviso con una foca leopardo, la prima regola da seguire è quella di non reagire in maniera agitata mostrando all'animale comportamenti che possano essere intesi come quelli di una potenziale preda che cerchi di fuggire terrorizzata.

Se si hanno strumenti in mano (quali macchine fotografiche o attrezzature scientifiche) è bene interporli tra sé e la foca facendo in modo di non perderla mai di vista. Se possibile, è bene cercare riparo contro una parete rocciosa, blocchi di ghiaccio, oppure sul fondo.

La situazione più pericolosa è certamente quella con i sommozzatori nella colonna d'acqua: in questo caso i due subacquei dovranno disporsi schiena contro schiena per controllare l'ambiente a 360°. Con estrema calma, quando l'animale si allontana, ci si deve dirigere verso l'imbarcazione d'appoggio o la riva. La squadra di assistenza deve essere pronta a recuperare rapidamente i

subacquei facendo in modo che trascorrono il minor tempo possibile sul bordo ghiaccio/mare aperto.

È sconsigliato dirigere fasci di luce delle torce subacquee contro gli occhi della foca leopardo poiché potrebbero suscitare reazioni incontrollate.

Qualora il comportamento dell'animale dovesse lasciar supporre un attacco imminente, si può tentare di fronteggiarlo agitando vorticosamente le braccia, producendo caoticamente bolle d'aria dall'erogatore, facendo quanto più baccano possibile e assumendo una postura che faccia apparire il subacqueo più grande al fine di sorprendere e intimorire l'animale; ma, anche in questo caso, non è possibile prevedere il tipo di reazione che effettivamente avrà la foca leopardo.

#### 8.1.4 Foca Cancrivora

La foca cancrivora ha un areale che si sovrappone quasi completamente a quello della foca leopardo, ma al di là di qualche esemplare erratico, non si spinge regolarmente a nord verso le isole peri-antartiche.

Il suo habitat preferito è il pack-ice (che in molte aree dell'Antartide condivide con la foca leopardo, la foca di Ross e la foca di Weddell) e l'estensione stagionale della banchisa ne influenza la distribuzione nel corso dell'anno.

La foca cancrivora, più piccola sia della foca leopardo che della foca di Weddell, può raggiungere circa 2,6 metri di lunghezza e 230 kg di peso.

Normalmente solitaria o riunita in piccoli gruppi, a volte forma degli insiemi di alcune decine di animali e lungo la Penisola antartica può riunirsi anche in aggregati di centinaia di individui.

Sul ghiaccio, dove rispetto alle altre foche antartiche si muove con maggiore velocità ed estrema agilità (può percorrere molti chilometri anche fuori dall'acqua), la foca cancrivora è generalmente insofferente alla presenza umana e spesso mostra atteggiamenti aggressivi verso l'uomo.

In acqua, pur non al livello dell'otaria orsina antartica, è incuriosita dai subacquei che spesso avvicina senza mai, però, mostrarsi aggressiva.



### 8.1.5 Foca di Weddell

Nonostante le foche di Weddell abbiano la capacità di migrare in mare aperto, il loro areale è in generale strettamente circum-antartico e a ridosso della linea di costa dell'Antartide.

La foca di Weddell, la sola tra tutti gli altri pinnipedi antartici, ha infatti la capacità di nuotare per lunghissimi tragitti sotto la copertura di ghiaccio servendosi, per respirare ed uscire dall'acqua, delle fratture che vi si creano per l'azione delle maree, delle correnti e dei venti.

Questa caratteristica unica le permette di essere strettamente associata al land-fast-ice (anche multi-stagionale) e di creare colonie anche a decine di chilometri di distanza dal mare aperto.

La foca di Weddell può raggiungere i 3,30 metri di lunghezza e superare i 550 kg di peso (le femmine sono leggermente più grandi dei maschi) e ha comportamento solitario al di fuori della stagione riproduttiva, che va da ottobre a dicembre.

Pur non essendo un animale di indole particolarmente aggressiva, difende i suoi territori subacquei e i preziosi fori di accesso all'acqua da cui dipende la sua esistenza nel fast-ice; per questa ragione è estremamente comune vedere una o più foche di Weddell impossessarsi dei fori aperti dagli esseri umani per le immersioni.

Nella maggior parte dei casi questo comportamento non crea particolari problemi, anche se è all'origine della cautela di praticare un secondo foro di emergenza ad alcuni metri dal principale.

Si sono, infatti, verificati alcuni incidenti – peraltro mai gravi - dovuti alla concomitante presenza nel foro sia dei sommozzatori che di una foca di Weddell.

Nel 2004, si è verificato l'unico incidente causato da una foca di Weddell nell'ambito delle attività subacquee del PNRA.

Il sommozzatore che stava riemergendo si è infilato come di consueto nel tunnel scavato nel ghiaccio senza rendersi conto che vi si trovava già una foca.

La prima reazione del pinnipede è stata quella di "sfuggire" la minaccia tentando di uscire dall'acqua ma, appena emersa con la testa, la foca si è trovata di fronte gli uomini dell'assistenza in superficie. Vedendosi sbarrata la via di fuga si è allora decisa ad immergersi scontrandosi con il sommozzatore in risalita; nella concitazione della situazione l'uomo ha riportato un taglio alla testa di lieve entità dal quale, però, è fuoriuscito del sangue che ha arrossato l'acqua facendo temere un incidente più grave della realtà dei fatti.

La situazione è stata resa ancora più difficoltosa dalla circostanza che il sommozzatore ferito fosse sagolato al suo compagno rimasto all'imboccatura del tunnel subacqueo. Nel tentativo di tirare fuori dall'acqua l'infortunato il più rapidamente possibile, veniva trascinato all'interno del tunnel anche il secondo sommozzatore, con la foca che per alcuni istanti è rimasta intrappolata tra i due subacquei.

Anche il secondo sommozzatore è stato morso ad un avambraccio con conseguenze quasi irrilevanti.

Di solito le foche di Weddell tendono ad allontanarsi dai fori all'avvicinarsi dei subacquei: non va, però, mai dimenticato e sottovalutato il fatto che un individuo di ritorno da una lunga apnea ed in debito di ossigeno cercherà in tutti i modi di raggiungere la superficie, diventando potenzialmente piuttosto pericoloso.

Altra caratteristica tipica delle foche di Weddell è il vasto repertorio di vocalizzazioni che emettono sia sopra che sotto l'acqua; in genere la loro presenza è annunciata dai loro richiami ben prima che siano avvistate.

Una di queste vocalizzazioni – una serie ritmata di colpi sordi e gutturali – rappresenta chiaramente una manifestazione di aggressività e deve essere intesa come un segnale di allarme dai sommozzatori.



Foche di Weddell





### 8.1.6 Orca

Diffuse in tutti i mari del mondo, le orche raggiungono anche le coste del continente antartico dove, in estate, incrociano al limitare della banchina o nei canali che vi si aprono per predare foche e pinguini.

I maschi adulti raggiungono i 9 metri di lunghezza e i 5600 kg di peso, mentre le femmine si avvicinano agli 8 metri e ai 4000 kg.

Nessun subacqueo ha mai subito attacchi da parte di orche in Antartide.

Ciò non toglie che la presenza di questo animale nelle vicinanze deve indurre al rinvio o alla cancellazione dell'immersione.

**È di fondamentale e primaria importanza ricordare che le morsicature dei mammiferi marini, al di là dei diretti danni meccanici provocati nei tessuti lacerati, sono dei formidabili veicoli di gravissime infezioni ed è pertanto obbligatorio intervenire con un'adeguata e tempestiva profilassi antibatterica, anche in caso di ferite superficiali ed in apparenza innocue.**



# Appendice





## INFO AUTORI

### *Fabio Catalano*

Presidente della Italian Society of Extreme Environment Medicine Dal 1987 responsabile della organizzazione sanitaria del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, Dirigente medico presso la ASL RM/E. Sempre nell'87 partecipò alla terza spedizione italiana in Antartide.

### *Alberto Della Rovere*

tecnico Enea (dal 1983), referente per le infrastrutture della Base italiana Mario Zucchelli (Antartide). Esperienza ventennale sul campo con ruolo di responsabile dei servizi tecnici e Capo base (XIV-XV- XVI- XVII- XVIII- XIX -XX-XXIV spedizioni) e successivamente Capo Spedizione (XXI -XXII-XXV-XXVI spedizioni). Brevetti sub ANIS e PADI/SSI. Referente settore sub per le spedizioni italiane in Antartide.

*Roberto Palozzi* (Ph.D.) è ricercatore (zoologo, ecologo animale esperto di pinnipedi antartici) e documentarista. E' istruttore sub ANIS/CMAS 3° stella e istruttore di immersione con miscele iperossigenate (NITROX), in Atmosfera Rarefatta (Alta Quota), Immersione fluviale e di BLSD ANIS/IRC (rianimazione cardiopolmonare e defibrillatore); è inoltre sommozzatore tecnico (TRIMIX). Ha partecipato a diverse spedizioni scientifiche sia in Artide che in Antartide, immergendosi sia sotto la calotta polare artica che quella antartica. E' responsabile tecnico del settore "Biologia ed Ecologia" dell'Associazione Italiana Operatori Scientifici Subacquei (AIOSS).

### Crediti:

Le immagini pubblicate sono una selezione ripresa dalla Fototeca del PNRA.

Si ringrazia Roberto Palozzi per aver messo a disposizione un gran numero di sue immagini che arricchiscono la pubblicazione.



# ALLEGATI



Tab. 1



TABELLE DI DECOMPRESSIONE  
Fattore azoto residuo

Mt	No-Stop Limit	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
3	Unlimited	57	101	158	245	426											
5	Unlimited	36	60	88	121	163	217	297	449								
6	Unlimited	26	43	61	82	106	133	165	205	256	330	461					
8	595	20	33	47	62	78	97	117	140	166	198	236	285	354	469	595	
9	371	17	27	38	50	62	76	91	107	125	145	167	193	223	260	307	371
11	232	14	23	32	42	52	63	74	87	100	115	131	148	168	190	215	232
12	163	12	20	27	36	44	53	63	73	84	95	108	121	135	151	163	
14	125	11	17	24	31	39	46	55	63	72	82	92	102	114	125		
15	92	9	15	21	28	34	41	48	56	63	71	80	89	92			
17	74	8	14	19	25	31	37	43	50	56	63	71	74				
18	60	7	12	17	22	28	33	39	45	51	57	60					
21	48	6	10	14	19	23	28	32	37	42	47	48					
24	39	5	9	12	16	20	24	28	32	36	39						
27	30	4	7	11	14	17	21	24	28	30							
30	25	4	6	9	12	15	18	21	25								
33	20	3	6	8	11	14	16	19	20								
36	15	3	5	7	10	12	15										
39	10	2	4	6	9	10											
42	10	2	4	6	8	10											
45	5	2	3	5													
48	5		3	5													
51	5			4	5												
55	5			4	5												
58	5			3	5												



Tab. 2



# ATTIVITA' SUBACQUEA

Spedizione \_\_\_\_\_ 20\_\_/20\_\_

Immersione N° \_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Programmazione	Personale:							
	Nominativo:	Sub	Scientifico	Logistico	Assistenza	Diving Technician	Medico	Altro
		o	o	o	o	o	o	o
		o	o	o	o	o	o	o
		o	o	o	o	o	o	o
		o	o	o	o	o	o	o
		o	o	o	o	o	o	o
		o	o	o	o	o	o	o
		o	o	o	o	o	o	o
		o	o	o	o	o	o	o
Previsione	Mezzi:							
		Auto	Ambulanza	Quad	Motoslitta	Fork lift	Gommone	Altro
		N° ____	N° ____	N° ____	N° ____	N° ____	N° ____	
	Scopo immersione:							
	Settore di progetto							
	Luogo immersione							
Consuntivo	Inizio		Note:					
	Inizio		Durata:		Profondità max:		Altro:	
	Note:							
	Capo Spedizione		Diving Technician		Medico		Resp.	







# Attività subacquea

Spedizione \_\_\_\_\_ 20\_\_/20\_\_

Immersione N° \_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Nominativo:	Ora Inizio	Ora Fine	Durata: hh:mm	Profondità m	Gruppo appartenenza	Note

Diving Technician

\_\_\_\_\_