



INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

**ATMOSFERE IPERBARICHE:
INDICAZIONI SULLA VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO**

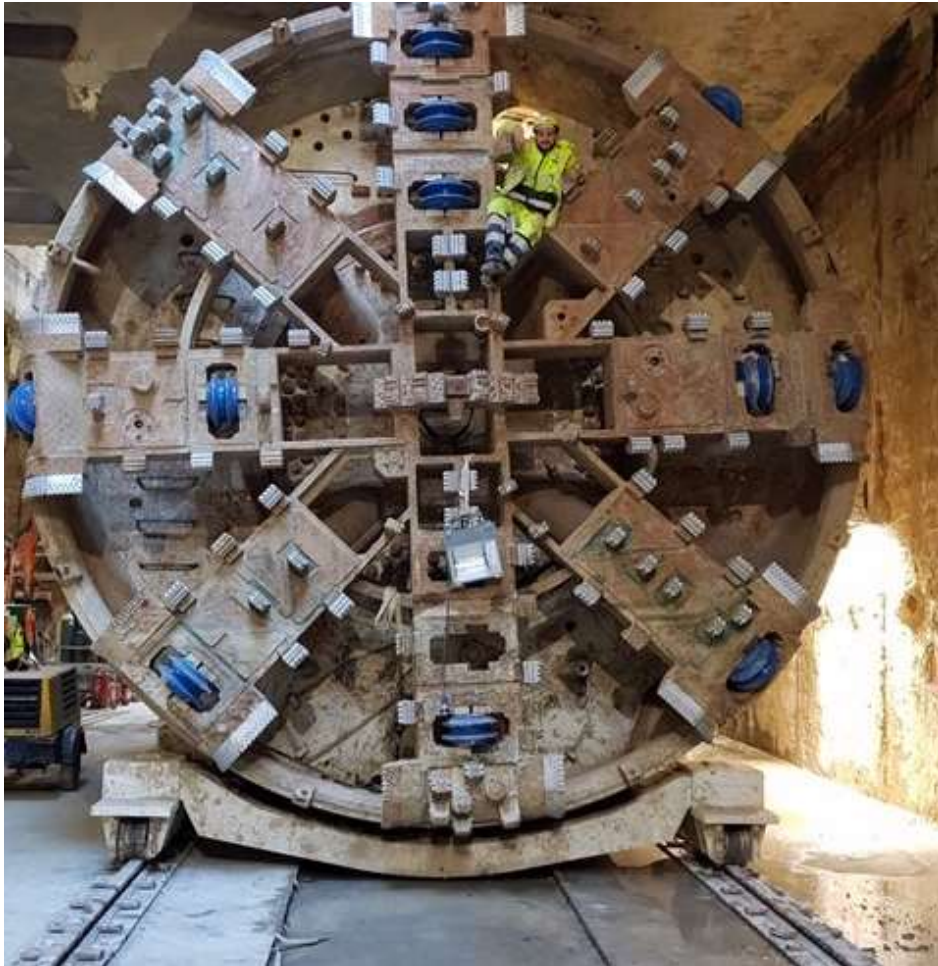


ENRICO MARCHETI - CORRADO COSTANZO

7 febbraio 2023 - PAF

PROGRAMMA

- 1) FONTE NORMATIVA DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO**
- 2) TIPOLOGIE LAVORATIVE**
- 3) METODO GENERALE**
- 4) ASPETTI TECNICI COMUNI**
- 5) ALCUNI RISCHI ESTERNI ALL'ATTIVITA LAVORATIVA**



**D.P.R. 20 Marzo
1956, n. 321**

**Prevenzione degli
infortuni e l'igiene
del lavoro nei
cassoni ad aria
compressa**

**Ma nell'uso
quotidiano si
applica a tutti i
lavori eseguiti
in aria compressa a
secco**

IPERBARISMO IN UMIDO E A SECCO

D.lgs 81/08 s.m.i.



Lo scopo del D.lgs. 81/08 e s.m.i., o Testo Unico sulla sicurezza, è quello di regolare la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori sui luoghi di lavoro; esso è il risultato di un serie di norme in materia di sicurezza che si sono, di volta in volta, susseguite nel tempo.

IPERBARISMO IN UMIDO E A SECCO

TITOLO VIII - AGENTI FISICI CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

*Ai fini del presente decreto legislativo per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche di origine artificiale, il microclima e le **Atmosfere Iperbariche** che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.*

L'attività subacquea non ha una tipologia di lavoro che può essere identificata o assimilata ad altra attività lavorativa. È *sui generis* in quanto, a prescindere di cosa si va a fare sott'acqua (lavoro, foto, video, perlustrazione, divertimento, etc), il pericolo è intrinseco nei cambiamenti fisiologici che l'organismo ha all'aumentare della pressione atmosferica; quindi, non potendo escludere quest'ultimi, bisogna evitare ulteriori rischi tali da mettere in pericolo la salute del lavoratore e ricondurre quelli intrinseci ad un rischio tollerabile nel breve e nel lungo periodo.

Rischi intrinseci

Un elenco parziale dei fattori di rischio per il lavoratore:

- 1) Ipossia
- 2) Avvelenamento da CO
- 3) Ipercapnia (CO₂)
- 4) Tossicità dell'ossigeno (O₂)
- 5) Narcosi d'azoto (N₂) (detto anche "effetto Martini")
- 6) Iperventilazione
- 7) Dispnea
- 8) Enfisema
- 9) Pneumotorace
- 10) Sovradistensione gastro-intestinale
- 11) Barotrauma
- 12) Annegamento
- 13) Ipotermia o ipertermia
- 14) Embolia gassosa arteriosa (EGA)
- 15) Patologia da decompressione
- 16) Osteonecrosi iperbarica
- 17) Effetti neurologici
- 18) Effetti sul DNA

I criteri per la Valutazione del Rischio si possono dividere in:

- **Rischi Intrinseci dovuti all'aumento delle Atmosfere Iperbariche (trattati altrove)**
- **Rischi Estrinseci dovuti all'ambiente di lavoro**

In quanto segue proponiamo un percorso di valutazione del rischio che non vuole essere in nessun caso vincolante ma, al massimo, un suggerimento utile per una valutazione del rischio. In ogni caso non abbiamo nessuna pretesa di esaustività o di completezza.

IPERBARISMO IN UMIDO E A SECCO

- 1. Idoneità medica**
- 2. Scelta della miscela respiratoria**
- 3. Scelta della tabella di decompressione e delle relative procedure**
- 4. Definizione ed attribuzione dei compiti in relazione alle varie fasi lavorative**
- 5. Adeguatezza della preparazione degli operatori alle tecniche scelte**
- 6. Aspetti tecnologici (attrezzature previste per l'immersione)**
- 7. Altri fattori di rischio concorrenti (rischi fisici, chimici, biologici)**
- 8. MEDEVAC**

Per la definizione e quantificazione del rischio possiamo utilizzare la funzione:

$$R=P \times G$$

R rappresenta la gravità del danno del Rischio

P rappresenta la probabilità che l'evento può accadere

G rappresenta la gravità dell'evento indesiderato.

Le fasi generali di valutazione del rischio sono:

1) Definire i fattori di rischio

2) Individuare i rischi significativi attraverso:

Calcolo della gravità del danno (G)

Calcolo della probabilità di accadimento (P)

3) Definizione e gestione del piano delle misure per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza e verifica dello stato di attuazione.

	Gravità →		Trascurabile	Lieve	Moderata	Seria	Molto seria
Probabilità ↓			1	2	3	4	5
Estremamente improbabile	1	1 BASSO	2 BASSO	3 BASSO	4 BASSO	5 MEDIO	
Improbabile	2	2 BASSO	4 BASSO	6 MEDIO	8 MEDIO	10 MEDIO	
Possibile	3	3 BASSO	6 MEDIO	9 MEDIO	12 MEDIO	15 ALTO	
Probabile	4	4 BASSO	8 MEDIO	12 MEDIO	16 ALTO	20 ALTO	
Altamente probabile	5	5 MEDIO	10 MEDIO	15 ALTO	20 ALTO	25 ALTO	

Probabilità:

<i>Valore</i>	<i>Probabilità</i>	<i>Descrizione</i>
1	Estremamente improbabile	Non ci sono incidenti conosciuti nell'organizzazione (frequenza: zero eventi). L'evento può non essere noto a tutto il personale. E' accaduto a livello internazionale ma è estremamente raro (≤ 3 eventi / anno)
2	Improbabile	L'evento può accadere per la concomitanza di diverse cause indipendenti e improbabili (frequenza ≤ 1 eventi / anno). L'evento è generalmente noto a tutto il personale. E' accaduto a livello internazionale ma in rare circostanze (≤ 10 eventi / anno)
3	Possibile	L'evento può accadere dalla combinazione di diverse cause indipendenti e probabili (frequenza ≤ 10 eventi / anno). Il personale è a conoscenza dell'evento. La frequenza a livello internazionale è ≤ 100 eventi / anno
4	Probabile	L'evento può accadere senza la combinazione di diverse cause, anche se non in modo automatico o diretto (frequenza ≤ 20 eventi / anno). L'evento è ben noto a tutto il personale. Accade spesso a livello internazionale (> 100 eventi / anno)
5	Altamente probabile	L'evento può accadere in modo diretto o automatico (frequenza ≥ 20 eventi / anno). L'evento crea preoccupazione e il personale sa che può accadere facilmente

Gravità:

<i>Valore</i>	<i>Gravità</i>	<i>Infortunio</i>	<i>Impatto ambientale</i>	<i>Danno materiale</i>
1	Trascurabile	Minime conseguenze sulla salute. Può richiedere intervento di primo soccorso, trattamento medico sul luogo di lavoro o mansione ridotta senza comportare turni o giorni di assenza.	Minimo impatto L'area interessata è localizzata dove è avvenuto l'evento. Le condizioni precedenti sono ristabilite senza intervento umano e in breve periodo (< 1 settimana).	Danno limitato ad attrezzatura e sede, ripristinabile con manutenzione ordinaria.
2	Lieve	Lievi conseguenze sulla salute. Assenza dal lavoro (LTI) da 1 a 40 giorni.	Impatto lieve. L'area interessata è circoscritta all'area di cantiere. Le condizioni precedenti sono ristabilite con intervento umano, senza servizi esterni di protezione ambientale	Danno minore ad attrezzatura, riparabile sul posto di lavoro. Danno alla sede che necessita di interventi localizzati di breve durata. Danno < € 50.000
3	Moderata	Lesione significativa. Invalidità parziale o importanti conseguenze sulla salute Assenza dal lavoro (LTI) oltre i 40 giorni.	Impatto moderato. L'area interessata si estende entro i 500m dall'area di cantiere. Le condizioni precedenti sono ristabilite con intervento da parte di servizi di protezione ambientale.	Il danno all'attrezzatura richiede lavori di riparazione di media durata. Danno alla sede che necessita di intervento / ripristino. Danno tra € 50.000 e 500.000
4	Seria	Lesione molto seria. Fatalità o grave invalidità permanente di una persona. Impossibilità a riprendere il lavoro	Impatto serio. L'area interessata si estende a livello regionale. Richiesto intervento di servizi di protezione ambientale. Violazione di regolamenti ambientali	Danno significativo ad attrezzature / impianti che necessitano di interventi di lunga durata. La sede subisce danni strutturali. Danni tra € 500.000 e 2 milioni
5	Molto seria	Fatalità multiple. L'evento può portare a malattia professionale terminale o morte di più di una persona	Impatto molto serio. L'area interessata si estende a livello nazionale o internazionale. Gravi violazioni di leggi ambientali	Perdita di impianti o attrezzature importanti. Sede completamente danneggiata e inagibile. Danni > € 2 milioni

Rischi derivanti dai gas impiegati (Pressioni in ATA)

	verde	giallo	rosso
ppO₂ (bar)	1,3*	1,6/2,8**	oltre
ppN₂ (bar)	3,16	4,74	oltre
ppHe (bar)	q.b. per arrivare alla PA		
ppCO₂ (ppm)	400	2000	oltre

*** in caso di immersioni ripetitive o per più giorni consecutivi: ridurre a 1,2 bar.**

**** in acqua/in camera iperbarica**

**Fattori indicativi di aumento dello stress decompressivo:
più di due fattori contemporaneamente (a titolo d'esempio)**

Rischio decompressivo	basso	alto
Tempo totale imm. (min)	< 70	> 70
Tempo totale deco. (min)	< 30	> 30
Sforzo post immersione (entro 20 min dall'uscita dall'acqua)	Nessuno sforzo	Sforzo*
Immersioni ripetitive (intervallo < 2 ore)	no	sì
Immersioni per più giorni consecutivi	no	sì
Cambio altitudine o volo > 12 ore per immersione singola > 24 ore per immersioni ripetitive	no	sì

*** es.: uscita dall'acqua indossando l'attrezzatura**

La Relazione Tecnica (DVR) dovrà essere strutturata nei seguenti argomenti:

1)denominazione dell'impresa;

2)individuazione del datore di lavoro, RSPP e RLS, medico competente e/o medico iperbarico;

3)descrizione dell'attività che si intende svolgere: obiettivi, operatori (eventuali squadre), mezzi tecnici, procedure previste;

4)analisi del rischio iperbarico: miscela respiratoria, tabelle di decompressione, dotazione strumentale e di supporto, squadre e loro interconnessione, MEDEVAC, interazione col SSN o autonomia d'intervento (camera iperbarico *in situ*, creazione e collocazione di struttura sanitaria in prossimità del cantiere per la gestione dei pazienti critici, in caso di impossibilità di gestione in situ); si vedano le tabelle del punto C.2.

5)analisi di rischio del processo lavorativo (piano operativo della sicurezza)

6)possibile interazione tra fattori di rischio diversi;

7)nel caso di diverse ditte che intervengono si dovrà anche prevedere un DUVRI, ossia la valutazione del rischio da attività interferenti.

Altri fattori di rischio concorrenti (rischi fisici)

Rischi da cause ambientali:

- **Movimentazione manuale di carichi**
- **Rumore (in acqua il suono si propaga con velocità maggiore)**
- **Vibrazioni (sia mano-braccio che corpo intero e mal di moto*)**
- **Radiazioni ionizzanti (radiografie alle saldature)**
- **Interazione con rischi fisici derivanti da interazione con natanti (sonar, esplosioni, etc.)**

Alcuni esempi

Valutiamo, a titolo di esempio, il rischio di trauma da caduta di bombola su un piede.

la bombola, lasciata in piedi, cade e colpisce il piede di un operatore.

Probabilità secondo la tabella presentata: Possibile, l'evento può accadere dalla combinazione di diverse cause indipendenti e probabili, punteggio 3

Gravità secondo la tabella presentata: Lieve, lievi conseguenze per la salute (massimo 40 giorni di assenza dal lavoro) punteggio 2

Il rischio risulta $R = P \times G = 3 \times 2 = 6$

MEDIO (giallo)*

(* è accaduto allo scrivente)

Alcuni esempi

Valutiamo, a titolo di esempio, il rischio di uso di miscela respiratoria.

la miscela sia aria, con PPO_2 21%, PPN_2 78%, per un'immersione a 45 metri.

La pressione assoluta dell'ossigeno è $0,21 \times 5,5 = 1,2$ ATA

La pressione assoluta dell'azoto è $0,78 \times 5,5 = 4,3$ ATA

Quindi il rischio di tossicità dell'ossigeno (che dipende anche dal tempo di esposizione) è inferiore a 1,3 ed è basso, mentre quello di narcosi d'azoto è superiore a 3,16 ed è MEDIO (giallo).

GRAZIE DELLA VOSTRA ATTENZIONE

