

Criteri di valutazione dei rischi ed esempi di valutazione

GdL composto da:

ISPRA

ARPA Marche

ARPA Friuli-Venezia Giulia

ARPA Toscana

ARPA Sicilia

ARPA Veneto

ARPA Campania

ARPA Emilia Romagna

INAIL

Associazione Italiana Operatori Scientifici Subacquei (AIOSS)

Università di Pisa

Centro Iperbarico di Ravenna

CGIL

CISL

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	2
2.1	Elenco pericoli.....	3
2.2	Criteria per la stima del rischio (indici di valutazione).....	3
2.2.1	Probabilità (parametro P).....	4
2.2.2	Gravità del Danno (parametro D).....	5
2.2.3	Determinazione della classe di rischio (parametro R).....	5
2.3	Determinazione dei fattori correttivi e del rischio residuo.....	6
2.3.1	Calcolo della probabilità di accadimento.....	6
2.3.2	Calcolo della gravità del danno.....	7
2.3.3	Indice di rischio residuo.....	7
2.3.4	Scheda di valutazione dei rischi.....	7
2.4	Misure di prevenzione e di miglioramento.....	7
3	ELEMENTI DI VDR INERENTI L'ATTIVITÀ SUBACQUEA.....	8
3.1	Modalità di gestione dell'immersione.....	8
3.1.1	Immersione autonoma.....	8
3.1.2	Immersione rifornita dalla superficie.....	8
3.2	Modalità di ingresso in acqua e di assistenza di superficie.....	9
3.2.1	Da imbarcazione.....	9
3.2.2	Da riva: spiaggia o scogliera.....	10
3.3	Effetti meccanici della pressione e variazioni di volumi e assetto idrodinamico.....	10
3.4	Miscela respiratoria e sua tossicità.....	10
3.4.1	Aria (ARA).....	11
3.4.2	Aria arricchita (NITROX).....	11
3.4.3	Miscela ternarie (TRIMIX).....	13
3.4.4	Ossigeno (ARO).....	13
3.5	Profilo decompressivo.....	14
3.5.1	In curva di sicurezza – senza soste decompressive.....	14
3.6	Rischi ambientali.....	15
3.6.1	Freddo e ghiaccio.....	15
3.7	Esempi.....	15

1 PREMESSA

Il datore di lavoro deve valutare tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento previsto dall'art. 28 del D.Lgs. 81/08. Tale documento deve avere data certa e contenere:

- 1) *La valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), anche nella scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici impiegati, nonché nella sistemazione dei luoghi di lavoro, deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari, tra cui anche quelli collegati allo stress lavoro-correlato, secondo i contenuti dell'accordo europeo dell'8 ottobre 2004, e quelli riguardanti le lavoratrici in stato di gravidanza, secondo quanto previsto dal decreto legislativo 26 marzo 2001, n. 151, nonché quelli connessi alle differenze di genere, all'età, alla provenienza da altri Paesi.*
- 2) *Il documento di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), redatto a conclusione della valutazione, deve avere data certa e contenere:*
 - a) *una relazione sulla valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante l'attività lavorativa, nella quale siano specificati i criteri adottati per la valutazione stessa;*
 - b) *l'indicazione delle misure di prevenzione e di protezione attuate e dei dispositivi di protezione individuali adottati, a seguito della valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a);*
 - c) *il programma delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza;*
 - d) *l'individuazione delle procedure per l'attuazione delle misure da realizzare, nonché dei ruoli dell'organizzazione aziendale che vi debbono provvedere, a cui devono essere assegnati unicamente soggetti in possesso di adeguate competenze e poteri;*
 - e) *l'indicazione del nominativo del responsabile del servizio di prevenzione e protezione (RSPP), del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza o di quello territoriale e del medico competente che ha partecipato alla valutazione del rischio;*
 - f) *l'individuazione delle mansioni che eventualmente espongono i lavoratori a rischi specifici che richiedono una riconosciuta capacità professionale, specifica esperienza, adeguata formazione e addestramento.*
- 3) *Il contenuto del documento di valutazione dei rischi (DVR) deve altresì rispettare le indicazioni previste dalle specifiche norme sulla valutazione dei rischi (VDR) contenute nei successivi titoli del D.Lgs 81/08.*

La "VDR" va quindi intesa come l'insieme di tutte quelle operazioni che devono essere attuate per confluire verso una "stima del rischio" di esposizione ai fattori di pericolo per la sicurezza e la salute del personale, riguardo alla programmazione di eventuali interventi di prevenzione e protezione per l'eliminazione o la riduzione del rischio secondo le misure di tutela previste dalla vigente normativa.

L'attività subacquea in particolare differisce dalle principali tipologie di lavoro comunemente oggetto di processi valutativi volti a individuare i rischi lavorativi e, soprattutto, non esistono specifiche check-list che permettano una valutazione sistematica di tale attività.

Occorre inoltre precisare l'impossibilità di individuare un luogo di lavoro unico e fisso, perché quest'ultimo, essendo rappresentato dal mondo sottomarino, non può essere fatto oggetto di misure di prevenzione e tutela della salute dei lavoratori impiegati in attività subacquee.

La VDR deve essere eseguita preventivamente allo svolgimento delle attività le quali sono spesso caratterizzate da un'elevata variabilità e presentano specificità dipendenti dal tipo d'immersione (durata, profondità ecc), dal sito in cui si svolgono e dalle condizioni ambientali presenti e deve tenere in considerazione tutti i pericoli e le azioni di mitigazione che intervengono nello svolgimento dell'attività. La VDR stessa può inoltre essere specificata, per ogni singola attività di immersione, qualora le modalità di esecuzione dell'immersione stessa lo richiedesse.

2 CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Di seguito sono riportati i criteri individuati per l'effettuazione della VDR relativamente alle attività subacquee che si sviluppano utilizzando un sistema a indici.

2.1 Elenco pericoli

La procedura di VDR deve iniziare prendendo in considerazione un elenco particolareggiato di pericoli e valutando quindi quelli significativi.

La successiva fase è la quantificazione del rischio che è effettuata analizzando i diversi pericoli individuati e, quando ritenuto necessario, realizzando una valutazione dello stesso rischio singolarmente per le diverse mansioni; **dalla quantificazione dei rischi ne risulterà che solo alcuni di questi sono da ritenersi significativi**

Di seguito sono riportati alcuni pericoli rilevanti per le attività in immersione¹.

Nome identificativo pericolo (elenco non esaustivo)
Pericoli in immersione da cause chimiche [intossicazione da ossigeno (O ₂), da biossido di carbonio (CO ₂), da azoto (N ₂), da monossido di carbonio (CO)]
Pericoli in immersione da cause meccaniche [barotraumi (orecchio, seni paranasali, denti, colpo di ventosa, schiacciamento muta), embolia gassosa arteriosa (EGA), Sovradistensione polmonare, sovradistensione gastrointestinale, vertigini alternobariche]
Pericoli in immersione da cause fisiche [ipotermia, ipertermia, malattia da decompressione (MDD)]
Pericoli (in fase di pre-immersione, immersione, post immersione) da cause ambientali:
• Uso di attrezzature lavoro (contusioni – ferite)
• Infortunio per caduta (con effetti fino all'annegamento)
• Presenza di animali marini (meduse, ecc.)
• Bassa visibilità
• Impigliamento
• Movimentazione manuale di carichi
• Postura incongrua o movimenti ripetitivi
• Agenti chimici
• Agenti cancerogeni mutageni
• Agenti biologici
• Urto con materiali/oggetti (contusioni – ferite, punture, perforazioni, tagli, abrasioni)
• Urto con imbarcazioni in transito
• Caduta in acqua da imbarcazione
• ...

2.2 Criteri per la stima del rischio (indici di valutazione)

La definizione e la quantificazione dei rischi avviene adottando una funzione del tipo:

$$R = f (D, P)$$

dove **R** rappresenta la gravità del danno del rischio, **D** quella delle conseguenze (che può essere espressa sia come funzione del numero di individui coinvolti, che dei danni provocati) e **P** la probabilità o frequenza con cui si verificano le conseguenze.

Determinare la funzione di rischio **f** significa definire un modello di esposizione dei lavoratori ad un determinato pericolo che mette in relazione l'entità del danno atteso con la probabilità che tale danno si verifichi, e questo per ogni condizione operativa.

Qualora sia stato determinato quello che viene definito **rischio accettabile Ra**, si interviene dando la priorità a tutte quelle situazioni per cui risulta che il livello di rischio stimato **R** sia:

$$R > Ra$$

¹ Non sono prese in considerazione i pericoli legati allo stazionamento sull'imbarcazione

Quando è possibile, si elimina il rischio modificando metodi di lavoro, attrezzature o materiali. Se l'unica soluzione è invece quella di ridurlo, si possono adottare misure preventive che fanno diminuire la probabilità che un determinato danno atteso si verifichi, e misure protettive che ne circoscrivano gli effetti.

Il rischio così ridotto prende il nome di **rischio residuo Rr**.

Si deve inoltre tenere presente che i rischi non siano trasferiti o spostati, e cioè che la soluzione di un problema non ne crei altri.

Il metodo di valutazione del rischio che è stato scelto consente di assegnare un indice ai diversi rischi a cui sono esposti gli OS, permettendo così di compararne l'entità e di individuarne la significatività. Questa codificazione costituisce il punto di partenza per la definizione delle priorità e per la programmazione degli interventi di protezione e di prevenzione da adottare.

Le fasi generali di stima del Rischio sono di seguito riportate:

1. Definizione dei pericoli;
2. Individuazione dei rischi significativi: fase di "quantificazione del pericolo" cioè valutazione del rischio attraverso:
 - Calcolo della gravità del danno (D)
 - Calcolo della probabilità di accadimento (P)
 - Individuazione del valore del Rischio Residuo.
3. Istituzione della correlazione *Personale* → *Processi interessati* (questo è un documento dinamico ed è svincolato dal DVR ma ad esso)
4. Definizione e gestione del "Piano delle misure per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza e verifica dello stato di attuazione".

2.2.1 Probabilità (parametro P)

La scala delle probabilità **P** fa riferimento all'esistenza di una correlazione più o meno diretta tra la tipologia dell'attività presa in esame e/o le carenze riscontrate con il danno che potrebbe derivarne. Il rapporto tra carenze e danno può essere riscontrato attraverso la stesura di apposite check-list da compilare per singolo rischio.

Tale valore dovrà essere svincolato dalla gravità del danno, legata all'evento negativo.

All'indice probabilità è assegnato un valore in ordine crescente di rilievo del fatto, secondo le specifiche indicate nella tabella che segue.

Tabella 1. Livelli di probabilità

VALORE	LIVELLO	CRITERI
4	Altamente probabile	1. Esiste una correlazione diretta tra l'attività presa in esame ed il verificarsi del danno ipotizzato; 2. Dallo studio puntuale dell'attività presa in esame è chiara e palese l'iterazione esistente tra le carenze riscontrate e il verificarsi del danno ipotizzato; 3. Dall'analisi dei dati statistici in possesso dell'Agenzia, delle autorità competenti si evince uno stretto legame tra il tipo di attività svolta (similare a quella presa in esame) e i danni da essa derivati; 4. Frequenza di accadimento alta (attraverso l'analisi dei dati riportati nel registro infortuni).
3	Mediamente Probabile	1. Esiste una potenziale correlazione tra l'attività presa in esame ed il verificarsi del danno ipotizzato; 2. Dallo studio puntuale dell'attività presa in esame emergono possibili iterazioni tra le carenze riscontrate e il verificarsi del danno ipotizzato; 3. Dall'analisi dei dati statistici in possesso dell'Agenzia e delle autorità competenti, si evince un potenziale legame tra il tipo di attività svolta (similare a quella presa in esame) e i danni da essa derivati. 4. Frequenza di accadimento media (attraverso l'analisi dei dati riportati nel registro infortuni).
2	Poco probabile	1. E' difficilmente ipotizzabile una correlazione tra l'attività presa in esame ed il verificarsi del danno ipotizzato; 2. Dallo studio puntuale dell'attività presa in esame, le carenze riscontrate non presuppongono il verificarsi del danno ipotizzato. 3. Dall'analisi dei dati statistici in possesso dell'Agenzia e delle autorità competenti, sono minimi i legami tra il tipo di attività svolta (similare a quella presa in esame) e i danni da essa derivati. 4. Frequenza di accadimento bassa (attraverso l'analisi dei dati riportati nel registro infortuni).
1	Improbabile	1. Non esiste nessuna correlazione diretta tra l'attività presa in esame ed il verificarsi del danno ipotizzato; 2. Dallo studio puntuale dell'attività presa in esame non sussistono carenze tali che si leghino al verificarsi del danno ipotizzato; 3. Dall'analisi dei dati statistici in possesso dell'Agenzia, delle autorità competenti non si evincono legami tra il tipo di attività svolta (similare a quella presa in esame) e il danno ipotizzato; 4. Frequenza di accadimento molto bassa (attraverso l'analisi dei dati riportati nel registro infortuni).

2.2.2 Gravità del Danno (parametro D)

La scala di gravità del danno richiede, per una corretta applicazione, anche competenze di tipo sanitario e fa riferimento alla gravità della patologia prodotta dal pericolo valutato, alla reversibilità totale o parziale che l'esposizione del personale a tale pericolo possa procurare, anche in funzione al tempo di esposizione.

La scelta di tale valore è svincolata dalla frequenza con cui l'evento negativo può accadere.

La scala di gravità del danno D è riportata nella tabella che segue.

Tabella 2. Livelli di Gravità del Danno

VALORE	LIVELLO	CRITERI
4	Gravissimo	A) Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti letali o di invalidità totale. B) Esposizione continua con effetti letali e/o gravemente invalidanti.
3	Grave	A) Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti di inabilità permanente. B) Se l'evento negativo porta ad un'inabilità permanente.
2	Medio	A) Infortunio o episodio di esposizione acuta con invalidità reversibile. B) Esposizione continua con effetti reversibili. C) Se l'evento negativo porta ad un'inabilità reversibile .
1	Lieve	A) Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità temporanea rapidamente reversibile. B) Esposizione continua con effetti rapidamente reversibili. C) Se l'evento negativo porta ad un'invalidità temporanea.

2.2.3 Determinazione della classe di rischio (parametro R)

Per "rischio" s'intende la probabilità per cui un pericolo crei un danno e l'entità del danno stesso.

Il rischio connesso a un determinato pericolo viene calcolato mediante la formula:

$$R = P \times D$$

Quindi il rischio è tanto più grande quanto più è probabile che accada l'incidente e tanto maggiore è l'entità del danno.

Una volta determinati gli indici di rischio sarà possibile individuarne la significatività e definire quindi le priorità d'intervento.

In base ai valori attribuiti alle due variabili probabilità e gravità del danno, il rischio è numericamente definito con una scala crescente dal valore 1 al valore 16 secondo la matrice riportata nella **Figura A**.

Tale codificazione costituisce il punto di partenza per la definizione delle priorità e per la programmazione degli interventi di protezione e di prevenzione da adottare.

La scala di priorità degli interventi è riportata in **Tabella 03**.

Figura A - Matrice della valutazione del Rischio.

Probabilità					Gravità Danno
	1	2	3	4	
4 elevata	4	8	12	16	
3 medio alta	3	6	9	12	
2 medio bassa	2	4	6	8	
1 bassissima	1	2	3	4	
	1 trascurabile	2 modesta	3 notevole	4 ingente	

Tabella 3. Livelli di rischio e priorità di intervento

Valore	Rischio	Tipo di intervento	Definizione di intervento
$R \geq 8$	Inaccettabile	Immediato	Azioni correttive indilazionabili da attuare subito.
$4 \leq R < 8$	Alto	Breve termine	Azioni correttive necessarie da programmare e attuare con urgenza.
$2 < R < 4$	Medio	Medio termine	Azioni correttive e/o migliorative da programmare e attuare nel medio termine.
$1 < R \leq 2$	Basso	Lungo termine	Azioni migliorative da valutare in fase di programmazione e da attuare nel lungo termine.
$R \leq 1$	Accettabile	rischio specifico non quantificabile (impossibile definire interventi).	

2.3 Determinazione dei fattori correttivi e del rischio residuo

Il rischio, per com'è stato valutato, dipende strettamente dalla probabilità di accadimento dell'evento e dalla gravità del danno delle conseguenze, senza prendere in considerazione gli effetti delle misure di prevenzione e protezione adottate.

E' possibile quantificare l'azione delle misure di prevenzione e protezione introducendo dei fattori di correzione dell'indice di rischio che permettono così di determinare il valore del rischio residuo.

2.3.1 Calcolo della probabilità di accadimento

Scelto il valore di Probabilità P con cui si può verificare l'evento, si individuano i fattori correttivi relativi alle misure di prevenzione adottate.

Le misure di prevenzione riguardano:

- l'informazione, la formazione e l'addestramento del personale
- l'organizzazione interna (insieme di procedure, programmazione, istruzioni, ecc.)

Tali misure di prevenzione determinano una riduzione della probabilità con cui un evento dannoso può verificarsi, e di conseguenza una riduzione dell'indice di rischio.

Il Fattore correttivo relativo alla formazione dei lavoratori viene identificato con **Ff** (in tabella 4).

Tabella 4. Fattore Formazione, Ff

Fattore Formazione, Ff	Ff
Se le procedure di informazione, formazione ed addestramento vengono ripetute periodicamente attraverso lo svolgimento di corsi, incontri con verifica di apprendimento	0,500
Se le procedure di informazione, formazione vengono ripetute periodicamente attraverso lo svolgimento di corsi con verifica di apprendimento.	0,400
Se il personale è stato informato/formato attraverso la partecipazione ad un corso con verifica di apprendimento.	0,300
Se è stata programmata ma non ancora realizzata l'informazione/formazione del personale attraverso corsi con verifica di apprendimento.	0,150
Se il personale è stato informato attraverso la consegna di un opuscolo informativo.	0,000

Per quantificare l'effetto delle misure organizzative si introduce il fattore di correzione **Fo** (in tabella 5).

Tabella 5. Fattore Organizzativo, Fo

Fattore Organizzativo, Fo	Fo
L'Ente si è dotato di un Sistema di Gestione della Sicurezza	0,500
Se le misure organizzative adottate sono adeguate.	0,400
Se le misure organizzative previste sono adeguate ma in fase di completamento.	0,300
Se le misure organizzative adottate non sono adeguate.	0,150
Se le misure organizzative sono assenti.	0,000

Il fattore **Probabilità residua Pr** da utilizzare nel calcolo del rischio viene ricavato grazie alla correlazione:

$$Pr = P / (1 + Ff + Fo)$$

Utilizzando i valori assegnati per i fattori **Ff** e **Fo**, **Pr** sarà compreso tra **P** e il 50% di **P**.

2.3.2 Calcolo della gravità del danno

Una volta determinato il valore di gravità del danno teorico **D**, si determina un fattore correttivo denominato **Fmp (Fattore Misure di Protezione)** funzione delle misure di protezione adottate per diminuire l'incidenza della gravità del danno:

- misure di protezione attiva (formazione e addestramento delle squadre di emergenza e primo soccorso, presenza di procedure da avviare in caso di emergenza, ecc.)
- misure di protezione passiva [presenza di DPC – dispositivi di protezione collettiva, dotazione di DPI, presenza di dispositivi strutturali di protezione (parapetti, bandelle antiscivolo, ecc.), distanze di protezione/ sicurezza da rispettare nello svolgimento della propria attività, ecc.].

NOTA BENE: tra le misure di protezione passiva sono compresi i DPI; se questi non sono in dotazione del personale, il calcolo del fattore Fmp non è applicabile.

Tabella 6. calcolo del Fattore correttivo, Fmp

Misure di Protezione attiva	Misure di protezione passiva			
	Adeguate	Sufficienti	Non sufficienti	Assenti
Adeguate	1,00	0,750	0,500	0,350
Sufficienti	0,750	0,500	0,350	0,150
Non Sufficienti	0,500	0,350	0,150	0
Assenti	0,350	0,150	0	0

La gravità residua del danno **Dr** che tiene conto degli effetti delle misure di protezione viene calcolata come segue:

$$Dr = D / (1 + Fmp)$$

Utilizzando i valori assegnati per il fattore **Fmp**, il valore di **Dr** potrà essere compreso tra **D** e il 50% di **D**; tale condizione è la conseguenza del fatto che si ipotizza che comunque, per quanto si possano utilizzare sistemi di protezione adeguati e completi, la gravità del danno residua non possa comunque considerarsi inferiore al 50% della gravità del danno teorica.

Per ridurre ulteriormente la gravità del danno è necessario progettare nuovamente l'attività lavorativa.

2.3.3 Indice di rischio residuo

Una volta determinati l'indice di probabilità residua e l'indice di gravità del danno residua, è possibile calcolare l'indice di rischio residuo associato ad un determinato pericolo:

$$Rr = Pr \times Dr$$

Qualora il valore di **Rr** fosse ancora superiore all'indice di rischio ammissibile, sarà necessario rivedere le misure di prevenzione e protezione adottate e/o applicarne di nuove, al fine di ridurre ulteriormente il rischio per gli OS.

2.3.4 Scheda di valutazione dei rischi

Viene riportata in **Allegato 1** la "**Scheda di valutazione dei rischi**" per riportare le informazioni necessarie per l'analisi del pericolo considerato.

2.4 Misure di prevenzione e di miglioramento

La VDR è finalizzata a individuare le adeguate misure di prevenzione e di protezione e a elaborare il programma delle misure atte a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza dei lavoratori.

In relazione all'indice di rischio si definiscono i provvedimenti atti a controllare e ridurre tali rischi.

Il DL raccoglie nel "Piano delle misure per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza e verifica dello stato di attuazione" tali misure necessarie alla riduzione dei rischi e riporta le azioni correttive individuate, il tempo di attuazione, i responsabili dell'attuazione e le risorse necessarie.

Le misure di miglioramento possono essere di tipo procedurale, organizzativo, di formazione e riguardare l'adattamento alla miglior tecnica delle attrezzature utilizzate per lo svolgimento delle attività stesse.

3 ELEMENTI DI VDR INERENTI L'ATTIVITÀ SUBACQUEA

In questo capitolo sono analizzati i principali elementi da considerare, inerenti le pratiche di immersione, per la compilazione della scheda di Valutazione del Rischio. Gli elementi di rischio sono considerati singolarmente e divisi per differenti aspetti alternativi o complementari in funzione del tipo d'immersione. Tali elementi vanno integrati con quelli relativi alle specifiche attività di ricerca scientifica subacquea, come ad esempio l'utilizzo di particolari strumenti, ed eventualmente con quelli inerenti particolari condizioni d'immersione, non previsti dal presente documento. La valutazione deve perciò contemplare

3.1 Modalità di gestione dell'immersione

3.1.1 Immersione autonoma

Rappresenta la prassi più comune nell'immersione scientifica. L'immersione è svolta con autorespiratori autonomi, che consentono la respirazione senza un supporto dalla superficie, normalmente indicata con la sigla anglosassone SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*). Gli operatori devono avere una formazione minima rispondente agli standard promulgati in Europa da ESDP² per *European Scientific Diver* (ESD) o *Advanced European Scientific Diver* (AESD), quest'ultimo richiesto per i capi missione e gli addestratori/docenti. L'unica deroga possibile al possesso di questi requisiti minimi è relativa al numero minimo di immersioni scientifiche ed è concedibile a studenti, tirocinanti e personale in fase di formazione, qual ora svolgano immersioni di addestramento/formazione unicamente sotto la supervisione diretta del loro addestratore/docente.

La modalità più comune prevede l'utilizzo di autorespiratore ad aria (ARA), provvisto di una o due bombole con volumi variabili da 5 a 18 litri, pressione di carica iniziale in genere di 200 bar, collegato ad erogatori a doppio stadio di riduzione della pressione (bistadio), completi di fonte d'aria alternativa. I malfunzionamenti o guasti del sistema sono poco probabili, ma possono comportare esiti gravi o gravissimi, per questo devono essere prevenuti con un'adeguata manutenzione. L'esaurimento della riserva d'aria deve essere prevenuto con un'adeguata programmazione che prevede il calcolo dei consumi previsti, una riserva di sicurezza adeguata per le condizioni operative, comunque non inferiore ai 500 nl (litri a pressione ambiente), e un monitoraggio costante dei consumi attraverso almeno un manometro. La sicurezza di questo tipo di immersione si basa sull'assistenza reciproca tra i subacquei, minimo 2, che operano insieme a stretto contatto, generalmente assistiti da almeno una persona in superficie per le fasi ingresso e uscita dall'acqua.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Malfunzionamento SCUBA	1	3	3	Utilizzo di equipaggiamenti adeguati Manutenzione e verifica attrezzatura	Doppio erogatore separato con attacchi DIN Minimo 2 persone a stretto contatto
Esaurimento miscela respiratoria	1	3	3	Controllo circa ogni 5 min della pressione di carica	Minimo 2 persone a stretto contatto

L'immersione autonoma può essere svolta anche con altri sistemi e miscele respiratorie diverse dall'aria (ARO, rebreather, etc.), il cui uso richiede valutazioni specifiche aggiuntive.

3.1.2 Immersione rifornita dalla superficie

Prassi poco comune nell'immersione scientifica e limitata a casi specifici, come interventi in grandi acquari e/o condizioni particolari. L'immersione è svolta con tubi "ombelicali" che consentono la respirazione assistita dalla superficie (*Surface supply*) e che possono essere abbinati a sistemi di comunicazione, illuminazione e videoripresa via cavo e sistemi di riscaldamento ad acqua calda. Il sistema prevede l'utilizzo minimo di un ombelicale dotato di erogatore, per profondità di pochi metri, come all'interno di grandi acquari, oppure di appositi caschi rigidi o semirigidi e in genere un sistema accessorio SCUBA di emergenza, per le profondità

² European Scientific Diving Panel (ESDP), European Science Foundation (ESF) - Marine Board (<http://www.marineboard.eu/ESDP>).

maggiori. Il numero minimo di persone prevede un subacqueo in immersione, un supervisore di superficie, un subacqueo in superficie pronto ad intervenire (*standby*), un assistente tecnico qualificato (*tender*).

L'utilizzo degli ombelicali limita l'operatività in immersione e aumenta i rischi di intralci o impiglio. Questa modalità di immersione qualora condotta a profondità superiori i 10 m, richiede competenze specifiche che non sono previste dagli standard minimi di formazione ESD/AESD promulgati in Europa da ESDP.

I malfunzionamenti o guasti del sistema sono poco probabili, ma possono comportare esiti gravi o gravissimi, per questo devono essere prevenuti con un'adeguata manutenzione.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Interruzione erogazione miscela respiratoria	1	3	3	Manutenzione e verifica attrezzatura	Assistenza di superficie ed eventuale fonte alternativa SCUBA per prof. superiori a 10 m
Impiglio	3	2	6	Particolare cura negli spostamenti	Sistemi di sgancio rapido dei cavi e fruste

3.2 Modalità di ingresso in acqua e di assistenza di superficie

3.2.1 Da imbarcazione

È la modalità più frequente e sicura perché garantisce un'assistenza di superficie, generalmente ancorata sulla verticale del punto di immersione. Deve essere svolta compatibilmente con le condizioni meteomarine e l'operatività dell'imbarcazione, su insindacabile giudizio del comandante, responsabile della sicurezza della navigazione

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Cadute involontarie in acqua	1	1	1	Indossare la muta, il salvagente autogonfiabile per l'assistente di superficie e cinghia di sicurezza in case di mare mosso	Assistente di superficie
Difficoltà di risalita	2	2	4	Predisporre una scala adeguata Predisporre cime per assicurare e issare le attrezzature	Assistente di superficie
Difficoltà a raggiungere la barca	2	4	6	Verificare correnti e previsioni di marea. Personale di manovra presente e pronto	Assistente di superficie
Ferite da eliche	1	4	4	Motori spenti durante l'immersione o mantenimento di distanza di sicurezza dal punto di immersione segnalato con boa galleggiante	Assistente di superficie. Salvagente con cima per il lancio
Peggioramento delle condizioni meteo	2	2	4	Verificare le previsioni meteo locali	Definire un segnale acustico per la richiesta di evacuazione

Eventuali problemi nautici e all'imbarcazione non sono qui considerati.

3.2.2 Da riva: spiaggia o scogliera

Soprattutto nel caso di coste rocciose o ciottolose, correnti ed onde possono rendere difficoltoso l'ingresso e l'uscita dall'acqua, in particolare nel caso di scogliere ripide e scivolose per la presenza di alghe.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Difficoltà d'ingresso e uscita	1	4	4	Individuare il punto migliore, verificare correnti, marea e previsioni meteo locali	Salvagente con cima per il lancio, assistente di superficie Segnale il punto di rientro in modo visibile dal largo
Difficoltà a raggiungere la riva	2	3	6	Verificare correnti, marea e previsioni meteo locali	Assistente di superficie

3.3 Effetti meccanici della pressione e variazioni di volumi e assetto idrodinamico

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Barotraumi				da completare	
Sovradistensione polmonare					

3.4 Miscela respiratoria e sua tossicità

La composizione della miscela respiratoria determina l'assorbimento e il rilascio dei gas inerti, con effetti legati alla decompressione e alle patologie decompressive, ma anche la tossicità di tutti i gas presenti, ossigeno compreso (Figura 1). I pericoli associati al profilo decompressivo sono analizzati nel paragrafo successivo.

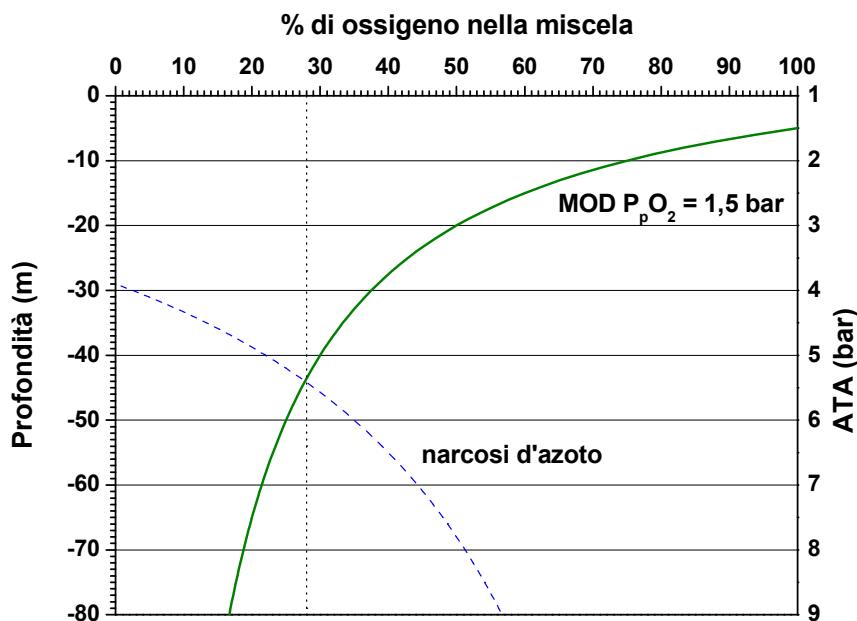


Figura 1 Limiti di profondità dovuti alla tossicità dell'ossigeno e alla narcosi da profondità, prevalentemente imputabile all'azoto, per una qualunque miscela binaria (azoto e ossigeno).

3.4.1 Aria (ARA)

L'aria è la miscela respiratoria più comunemente utilizzata per la facilità di reperimento e la bassa tossicità, sebbene non sempre sia quella più adatta e sicura. La sua composizione media (21% ossigeno e 79% azoto) pone limiti legati alla tossicità dell'ossigeno e agli effetti narcotici, principalmente dell'azoto, ma non solo, che variano in funzione della profondità di utilizzo.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Tossicità ossigeno	1	4	4	Non superare la PpO ₂ di 1.4 bar (-56 m)	
Narcosi da profondità	3	2	6	Non superare la PpN ₂ di 4 bar (-40 m)	

3.4.2 Aria arricchita (NITROX)

Le miscele NITROX sono miscele binarie (azoto e ossigeno) con percentuale di ossigeno normalmente comprese tra 21% (aria) e il 40%. Concentrazioni superiori impongono uso di attrezzature speciali compatibili con l'ossigeno ad elevata concentrazione, per evitare il rischio di esplosioni. In funzione del sistema di ricarica, le bombole devono comunque essere dedicate e predisposte all'uso del NITROX. Le implicazioni legate alla tossicità dell'ossigeno, ai diversi profili decompressivi e all'uso di computer predisposti impone che i subacquei che ne fanno uso abbiano una formazione e addestramento specifico. Unica eccezione è per miscele con percentuale di ossigeno inferiore a 27% e con modalità decompressiva ad aria, utilizzabili fino a massimo 40 metri di profondità, questa pratica migliora la sicurezza delle immersioni dal punto di vista decompressivo senza incrementare i rischi di tossicità dell'ossigeno e da narcosi da profondità (Figura 1). La profondità massima di utilizzo deve essere calcolata in funzione della pressione parziale massima dell'ossigeno (PpO_{2 max}) in un intervallo tra di 1.2 e 1.6 bar, preferendo il valore minore in caso d'immersioni impegnative, e superando 1.4 solo per immersioni con ridotta attività fisica e persone che non soffrano di naturale ritenzione di anidride carbonica (Figura 2).

L'uso prolungato e ripetuto di miscele arricchite in ossigeno può determinare tossicità acuta al sistema nervoso centrale (SNC) e cronica al sistema respiratorio. Mentre quest'ultima sostanzialmente riguarda solo immersioni in saturazione e terapie iperbariche prolungate, la tossicità al SNC deve essere tenuta sotto controllo mediante apposito calcolo, eseguito dal computer subacqueo (Figura 3).

% O ₂	Profondità massima di utilizzo (MOD)		
	P _p O ₂ max:		
	1.4 bar	1.5 bar	1.6 bar
21	-56	-61	-66
22	-53	-58	-62
23	-50	-55	-59
24	-48	-52	-56
25	-46	-50	-54
26	-43	-47	-51
27	-41	-45	-49
28	-40	-43	-47
29	-38	-41	-45
30	-36	-40	-43
31	-35	-38	-41
32	-33	-36	-40
33	-32	-35	-38
34	-31	-34	-37
35	-30	-32	-35
36	-28	-31	-34
37	-27	-30	-33
38	-26	-29	-32
39	-25	-28	-31
40	-25	-27	-30
41	-24	-26	-29
42	-23	-25	-28
43	-22	-24	-27
44	-21	-24	-26
45	-21	-23	-25
46	-20	-22	-24
47	-19	-21	-24
48	-19	-21	-23
49	-18	-20	-22
50	-18	-20	-22

$$\text{MOD (m)} = (\text{PpO}_{2\text{max}} / [\text{O}_2] - \text{P}_0) \times 10$$

dove la PpO₂ max è in bar, ad esempio 1.5, [O₂] è la concentrazione di ossigeno in centesimi (es.: 0.21 per l'aria) e la P₀ indica la pressione esterna, 1 bar a livello del mare.

Figura 2 Profondità massima di utilizzo (*maximum operative depth*, MOD) per immersioni a livello del mare e formula di calcolo in funzione della percentuale di ossigeno nella miscela respiratoria.

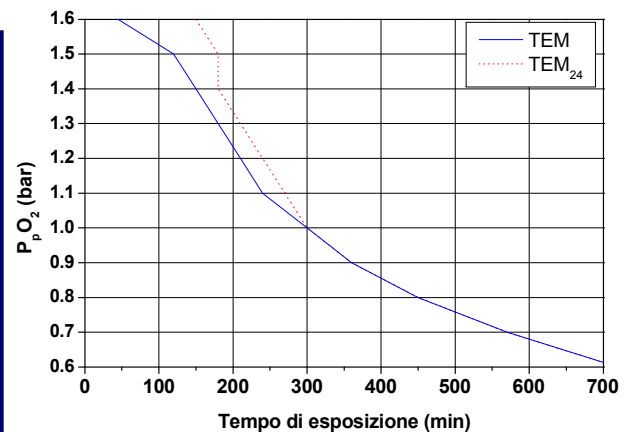
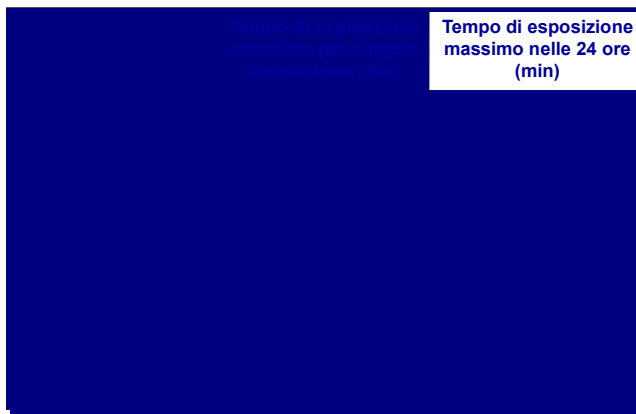


Figura 3 Tempo di esposizione massimo per singola immersione (TEM) e nelle 24 ore (TEM24) alle diverse pressioni parziali di ossigeno (secondo NOAA).

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Composizione miscela errata	1	3	3	Ciascun subacqueo deve verificare personalmente la % di ossigeno della bombola assegnatagli	-
Tossicità ossigeno ($O_2 < 27\%$)	1	4	4	Rispetto assoluto della profondità max di 40 m	-
Tossicità ossigeno ($O_2 > 27\%$)	2	4	8	Rispetto assoluto della MOD per $PpO_{2\max}$ e verifica della Dose di tossicità acuta d'ossigeno indicata dal computer (DdT o %CNS)	-
Narcosi da profondità	1	1	1	irrilevante	-

3.4.3 Miscele ternarie (TRIMIX)

Il Trimix è una combinazione di elio, azoto e ossigeno. La miscela può essere normossica, ipossica o iperossica. In termini di decompressione bisogna gestire due gas inerti, ciascuno con diverse proprietà. L'elio ha una maggiore velocità di diffusione (molecole più piccole) ma una minore solubilità. Questo determina la formazione di bolle più piccole rispetto all'azoto. La gestione di una corretta decompressione con due gas inerti aventi diverse cinetiche decompressive richiede un addestramento specifico. I costi sono elevati ma la forte riduzione dell'effetto narcotico dell'azoto aumenta notevolmente i margini di sicurezza per attività di ricerca oltre i 40 m di profondità.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Composizione miscela errata	1	4	4	Ciascun subacqueo deve verificare personalmente la % di ossigeno ed elio della bombola assegnatagli	-
Tossicità ossigeno (miscela normossica standard 18/40%)	1	4	4	Rispetto assoluto della profondità max prevista dalla miscela	-
Tossicità ossigeno (O_2 miscele decompressive 100%, 50%)	2	4	8	Rispetto assoluto della MOD per $PpO_{2\max}$ e verifica della Dose di tossicità acuta d'ossigeno	-
Narcosi da profondità	1	1	1	irrilevante	-

3.4.4 Ossigeno (ARO)

L'autorespiratore ad ossigeno, ormai in disuso, trova un saltuario utilizzo in ambito di censimenti visivi di fauna ittica o nella fotografia subacquea. Si respira ossigeno puro di conseguenza il suo impiego è limitato a 5-6 m di profondità. L'utilizzo richiede un addestramento specifico.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
----------	-------------	---------	---------	------------------------------------	-----------

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Tossicità ossigeno	2	3	6	Rispetto assoluto della profondità max prevista	-
Tossicità ossigeno	2	4	8	Verifica della Dose di tossicità acuta d'ossigeno indicata dal computer (DdT o %CNS)	-
Tossicità anidride carbonica	2	3	6	Frequente "lavaggio" del sacco	-

3.5 Profilo decompressivo

Il profilo decompressivo dipende dall'assorbimento in pressione dei gas, soprattutto quelli inerti, e questo varia in funzione di profondità e tempo alle varie profondità, nonché dalla composizione dei gas inerti presenti nella miscela respiratoria. L'uso di diverse miscele respiratorie modifica i profili decompressivi rispetto a quello ad aria. Ad esempio, utilizzando miscele NITROX è possibile aumentare i tempi di permanenza alle diverse profondità a parità di profilo decompressivo e di livello di sicurezza. A titolo di esempio, la profondità equivalente ad aria per una qualunque miscela NITROX con percentuale di ossigeno compresa tra 21 e 40%, a livello del mare, può essere calcolata con la formula:

$$EAD (m) = (Profondità + 10) \times [N_2] / 0.79 - 10$$

dove la profondità è quella reale in metri e $[N_2]$ è la concentrazione di azoto in centesimi (es.: 0.79 per l'aria).

Il profilo decompressivo per le immersioni ad aria o NITROX deve essere calcolato in tempo reale durante l'immersione utilizzando computer subacquei, correttamente impostati, in dotazione individuale a ciascun subacqueo.

3.5.1 In curva di sicurezza – senza soste decompressive

È la modalità più sicura perché permette la risalita in superficie in qualunque momento, senza soste decompressive obbligatorie, a patto di rispettare la corretta velocità di risalita di 10 m/min (circa 1 m ogni 6") fino a 6 m di profondità e di 6 m/min fino alla superficie, nonostante questo si raccomanda una sosta di sicurezza di 3 min a 6 m di profondità. Il tempo mancante all'uscita dalla curva di sicurezza è fornito in tempo reale dal computer subacqueo che deve essere in dotazione ad ogni singolo subacqueo.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Malfunzionamento del computer subacqueo	1	2	2	Verifica dello stato di carica delle batterie e l'integrità del cinturino prima di ciascuna immersione	Utilizzare un computer di rispetto con lo stesso algoritmo decompressivo o disporre di tabelle, timer e profonditàmetro indipendenti
Patologia decompressiva					
fino a 10 m di prof. max	1	1	1	rispettare scrupolosamente la velocità di risalita massima	
fino a 20 m di prof. max	1	2	2	attenersi scrupolosamente al piano di risalita proposto dal computer, velocità di risalita compresa	mantenere un margine minimo di 2-3 minuti prima di uscire dal limite di non decompressione, osservare una sosta cautelativa di 3 min a - 6 m
fino a 30 m di prof. max	2	2	4		
fino a 40 m di prof. max	3	2	6		

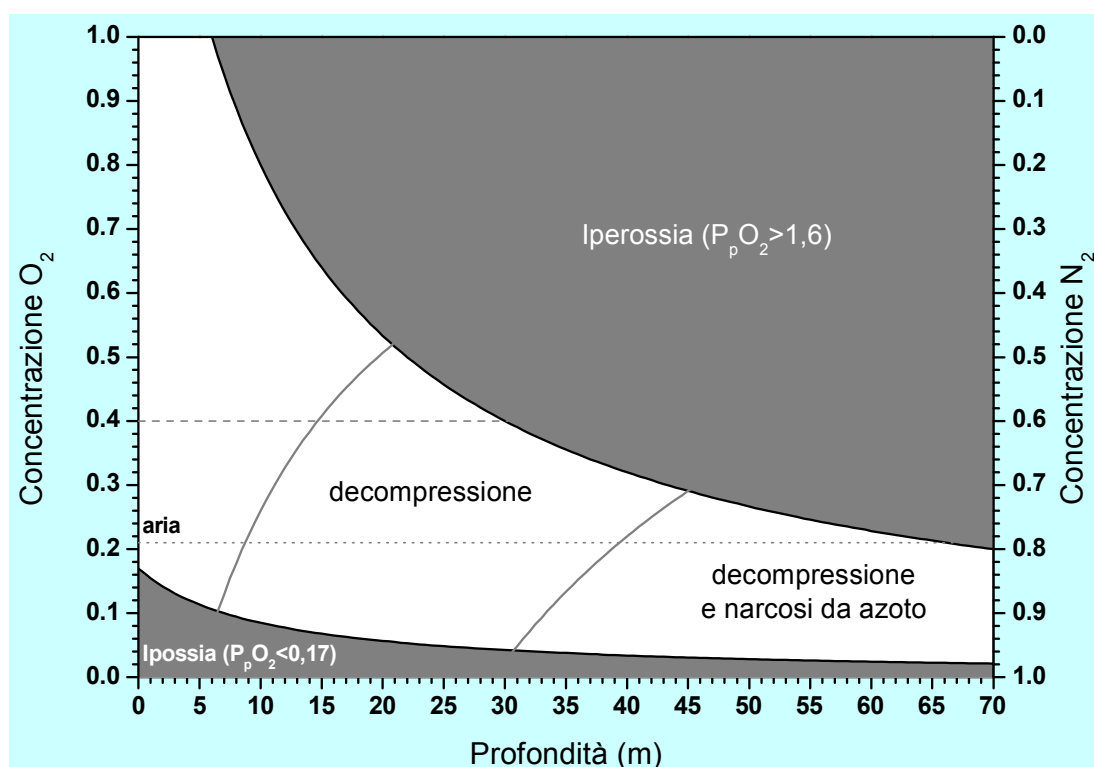


Figura 4 Grafico riepilogativo delle diverse condizioni di tossicità e decompressione per miscele binarie (ossigeno/azoto).

3.6 Rischi ambientali

3.6.1 Freddo e ghiaccio

da completare

Le immersioni in acque fredde si conducono, in Mediterraneo, durante il periodo invernale oppure in acque interne. Le immersioni sotto i ghiacci sono possibili nei laghi durante il periodo invernale oppure in acque polari.

Pericolo	Probabilità	Gravità	Rischio	Misure di prevenzione e protezione	Richieste
Sincope da idrocuzione				Evitare sbalzi termici	
ipotermia				Equipaggiamento dedicato alle immersioni in acque fredde e ridurre i tempi di esposizione.	

3.7 Esempi

Tabella 7. Esempio di livelli di rischio per una tipica immersione in curva di sicurezza entro i 40 m di profondità

Tipologia di rischio	Livello di rischio (R)
Rischi da cause chimiche	

Tipologia di rischio	Livello di rischio (R)
Intossicazione da ossigeno (O ₂)	3
Intossicazione da biossido di carbonio (CO ₂)	6
Intossicazione da azoto (N ₂)	6
Intossicazione da monossido di carbonio (CO)	6
<i>Rischi da cause meccaniche</i>	
Barotraumi (orecchio, seni paranasali, denti, colpo di ventosa, schiacciamento muta)	8
Embolia gassosa arteriosa (EGA)	9
Sovradistensione polmonare	6
Sovradistensione gastrointestinale	3
Vertigini alterno bariche	6
<i>Rischi da cause fisiche</i>	
Ipotermia	6
Ipertermia	2
Patologia da decompressione (PDD)	6
<i>Rischi da cause ambientali</i>	
Traumi (contusioni – ferite)	3
Infortunio per caduta con effetti fino all'annegamento	9
Lesioni da animali marini (meduse, ecc.)	3
Rischio biologico (residuo)	2
Movimentazione manuale di carichi (a bordo)	3

ALLEGATO 1

ATTIVITÀ SUBACQUEE DI ISPRA E AA Criteri di valutazione dei rischi ed esempi di valutazione

Scheda di Valutazione del Rischio

logo

ATTIVITÀ SUBACQUEE DI ISPRA E AA
Criteri di valutazione dei rischi ed esempi di valutazione.
Scheda di Valutazione del Rischio

Allegato 1
Rev giu 2013
Pagina 1 di 1

Data:		Capo Missione:		Attività/missione valutata:				
#	Azione/compito	Pericolo	Persone coinvolte	Probabilità $Pr = P/(1+Ff+Fo)$	Gravità $Dr = D/(1+Fmp)$	Rischio residuo $Pr \times Dr$	Controlli e azioni da intraprendere	Richieste aggiuntive
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Data: _____

Firma del Capo Missione: _____

Firma del Responsabile: _____