



Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini, Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) di UTRtek

Clausola di esclusione della responsabilità

In premessa, questo manoscritto si basa sugli appunti elaborati dal dottore Pasquale Longobardi durante un corso intensivo di sintesi sul Mnemonic Deco System della UTRtek, tenuto da Massimo Barnini presso il Centro iperbarico di Ravenna il 13 e 14 marzo 2023. I partecipanti non hanno ricevuto nessuna certificazione perché la formazione completa richiede, in corsi progressivi, ventuno giorni di formazione e dodici immersioni che non sono state effettuate. Essendo appunti di un allievo del corso, la UTRtek e la AA Fondazione Mistral sono esonerate da qualsiasi responsabilità per quanto di seguito riportato. Per l'applicazione e la valutazione della procedura di decompressione mnemotecnica è obbligatorio fare riferimento ai corsi e al materiale ufficiale UTRtek (protetto da copyright). Corollario di questa premessa: è fatto divieto assoluto di utilizzare le informazioni riportate in questo manoscritto per didattica, divulgazione o in immersione. E' obbligatorio essere certificati dall'Agenzia.

Premessa

AA Fondazione Mistral promuove il concetto che la decompressione debba essere personalizzata e, in genere, con il tempo ragionevolmente più breve possibile per ridurre l'esposizione al processo infiammatorio. L'interesse della AA Fondazione Mistral per la Mnemonic Deco System di UTRtek sorge dalla considerazione che si tratta di un progetto basato su un parametro personale (ID-Personale) e su attrezzatura dedicata (come il decompressimetro progettato dall'Agenzia). Progetto che si sviluppa attraverso un sistema fisiologico, matematico, olistico finalizzato a una risalita in immersione che è standard o personalizzata. UTRtek valorizza l'importanza dell'ID-Personale come principio fondamentale per personalizzare la durata della decompressione, in maniera più o meno conservativa purchè entro parametri standard definiti dall'Agenzia. AA Fondazione Mistral, consapevole che esistano diversi approcci alla decompressione anche di tipo mnemonico, ritiene che la Mnemonic Deco System di UTRtek sia una innovazione logica nella subacquea odierna, un sistema che sicuramente crea consapevolezza.

PARTE 1

L'agenzia UTRtek è nata nel 2000. All'epoca i software (Abyss, Z-plan) e i computer (VR3) erano molto conservativi ("se non ha l'incidente da decompressione, muori di noia", si diceva). Le Ditte produttrici dei computer tenevano oscuro il metodo utilizzato per il calcolo della decompressione e gli stessi subacquei erano poco interessati all'argomento. Massimo Barnini percepì l'esigenza di elaborare un metodo di calcolo della risalita facile da comprendere e basato sulla fisiologia dell'organismo. Nacque la decompressione mnemotecnica di UTRtek. L'attuale successo nella diffusione della metodica poggia sulla serietà dell'Agenzia e sulla acquisizione di un significativo database. Ogni allievo dei corsi di Mnemonic Deco System (MDS), per conseguire il brevetto tecnico, deve inviare all'Agenzia la fotografia del profondimetro che riporti data e indici di profondità, nonché il profilo di immersione applicato. E' requisito essenziale il possesso della idoneità medica all'attività subacquea, l'attenzione del subacqueo alla corretta alimentazione e

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

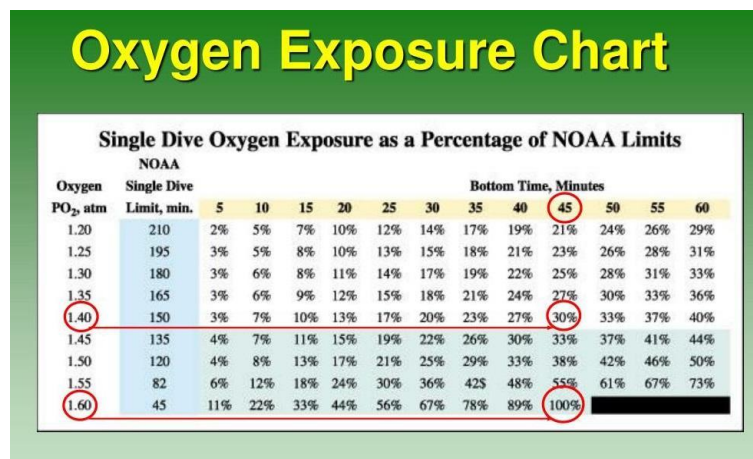
appropriato stile di vita. L'utilizzatore del sistema Mnemonic Deco System (MDS), per applicare il valore ID-Personal Base (considerato standard dalla Agenzia), è un subacqueo sano, con buona forma fisica, giovane o di media età, non fumatore, non bevitore, parzialmente allenato, correttamente idratato, psicologicamente calmo, con forte stabilità emotiva e libero da pressioni psicologiche quali lavoro stressante o condizioni familiari che creano analoghe situazioni. Il controllo per escludere la presenza di shunt destra sinistra (FOP) è consigliato. Se l'utilizzatore del sistema non è collocato entro questi parametri, dovrà modificare sia il valore dell'ID-Personal Base e sia il Tt-Value personale di esposizione, in modo che la curva di risalita sia personalizzata.

Scelta della miscela respiratoria. La pressione parziale dell'ossigeno va ridotta con l'aumentare del tempo e della profondità, per ridurre la tossicità e l'innescò di bolle di ossigeno. Nelle immersioni in curva il limite della prima immersione è il 50% del valore massimo di tossicità neurologica consentito dalla NOAA. Per ogni immersione ripetitiva il valore massimo della tossicità neurologica si riduce al 30% di quello consentito dalla NOAA. Nelle immersioni tecniche fuori curva, dove si respiri una miscela con una pressione parziale di ossigeno (ppO₂) tra 1.0 e 1.4 sul fondo, il sistema mnemonico UTRtek indica di non superare il 15% del valore massimo di tossicità NOAA (CNS%) calcolato per il tempo di fondo.

Esempio. Immersione in Aria a 50 metri per 20 minuti di fondo. PpO₂ in aria = 1,22 ata. Nelle tabelle NOAA che seguono (**Tab.1 e Tab.2**) possiamo rilevare che una esposizione alla PpO₂ 1,2 per 20 minuti, corrisponde a 10% valore massimo tossicità.

Tabelle 1 e 2. Limiti NOAA di esposizione alla respirazione di miscela con diversa pressione parziale dell'ossigeno al fine di limitare la tossicità neurologica dell'ossigeno (CNS%)

PO ₂ (atm)	Maximum Single Exposure (minutes)	Maximum per 24 hr (minutes)
1.60	45	150
1.55	83	165
1.50	120	180
1.45	135	180
1.40	150	180
1.35	165	195
1.30	180	210
1.25	195	225
1.20	210	240
1.10	240	270
1.00	300	300
0.90	360	360
0.80	450	450
0.70	570	570
0.60	720	720

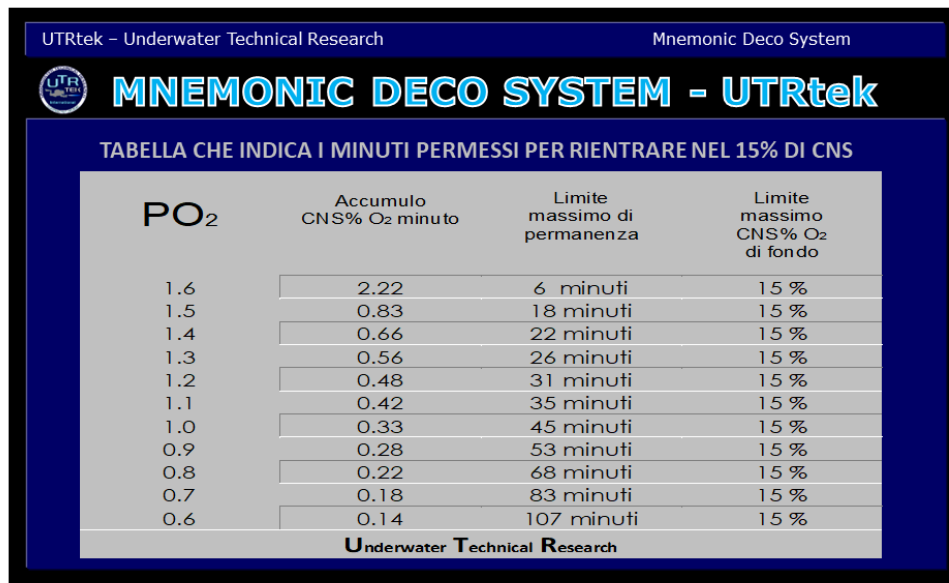


Una tale esposizione (20 minuti) a una PpO₂ di 1.2 è ritenuta appropriata per il sistema mnemonico, per poter sfruttare al meglio il sistema decompressivo proposto. L'esempio di una immersione non ottimale è il profilo 50 metri per 40 minuti respirando aria. Qui il CNS% aumenta al 19%. Questo valore non è accettato perché compromette la appropriata gestione della finestra dell'ossigeno (Oxygen Window) e la buona decompressione.

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

La **tabella 3** riporta il limite massimo di permanenza sul fondo per ciascuna pressione parziale dell'ossigeno (ppO₂), selezionato affinché la tossicità neurologica dell'ossigeno (CNS%) sia costante al 15% del valore massimo previsto da NOAA.

Tabella 3 Schema UTRtek che indica il tempo massimo di permanenza sul fondo per ciascuna pressione parziale dell'ossigeno (ppO₂) affinché la percentuale di tossicità neurologica da ossigeno (CNS%) sia costante al 15% del valore massimo NOAA.



UTRtek - Underwater Technical Research Mnemonic Deco System

MNEMONIC DECO SYSTEM - UTRtek

TABELLA CHE INDICA I MINUTI PERMESSI PER RIENTRARE NEL 15% DI CNS

PO ₂	Accumulo CNS% O ₂ minuto	Limite massimo di permanenza	Limite massimo CNS% O ₂ di fondo
1.6	2.22	6 minuti	15 %
1.5	0.83	18 minuti	15 %
1.4	0.66	22 minuti	15 %
1.3	0.56	26 minuti	15 %
1.2	0.48	31 minuti	15 %
1.1	0.42	35 minuti	15 %
1.0	0.33	45 minuti	15 %
0.9	0.28	53 minuti	15 %
0.8	0.22	68 minuti	15 %
0.7	0.18	83 minuti	15 %
0.6	0.14	107 minuti	15 %

Underwater Technical Research

Miscela Trimix Best-Mix: La pressione parziale dell'azoto massima pianificata deve essere 3,16 atm. Questa pressione ha una profondità equivalente in aria (E.A.D.) di 30 metri con un limite in curva di sicurezza (NDL) di 17 Minuti secondo le tabelle Buhlmann. Per una decompressione ottimale, aumentando il tempo di fondo diminuirà in proporzione la pressione parziale dell'azoto (ppN₂). La decompressione va elaborata per l'elio, tenendo l'azoto ragionevolmente basso.

Esempio. Nella tabella Buhlmann (**Tabella 4**) si parte dal tempo di fondo della reale immersione (p.es. 40 minuti), si cerca nella tabella NDL a quale profondità questo tempo corrisponda. In questo esempio è 18 metri. Quindi si calcola la ppN₂ equivalente a 18 metri: 0,79*2,8 ata = 2,2 atm. Quindi, applicando la formula di Dalton, si crea la miscela.

L'elio è aggiunto quando, con i calcoli precedenti, la ppO₂ superi il limite massimo imposto dal sistema (1,2-1.3 o altro in base alla massima profondità), il tempo di fondo sia tale da far superare il 15% del valore massimo NOAA per la tossicità neurologica dell'ossigeno oppure quando il tempo di fondo creerebbe una situazione di saturazione fuori curva per l'azoto.

Total value (Tt-value) e ID-Personale

L'ID-Personale viene individuato dalla tabella Buhlmann. Il valore standard è 50, estrapolato dalla somma delle profondità e dal rispettivo limite del tempo in NDL (Tt-Value REC) per profondità che oscillano da 21 a 42 metri. Partendo dalla tabella Buhlmann NDL per ciascun profilo si sommano i

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini, Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

valori della profondità e tempo in curva di sicurezza. Per esempio a 39 metri il tempo NDL è 10 minuti, il Total value è 49 (**Tabella 4**). L'ID-Personale può essere personalizzato su parere del medico subacqueo (preferibilmente che conosca il Mnemonic Deco System) e/o la personale percezione di forma fisica all'atto dell'immersione. Lo si riduce per essere conservativi, si aumenta il valore in ottica permissiva.

Il Tt-Value è la somma del Run-time e della profondità media dell'immersione (Avg). Il Tt-Value viene utilizzato come riferimento per calcolare l'assorbimento, in tutte le immersioni del sistema Mnemonico da 20 a 120 metri. Il Tt-value indica (sottraendo l'ID-Personale) il dato per estrapolare il tempo in curva o l'eventuale decompressione (**Tabella 5**). Quando si modifichi il proprio ID-Personale rispetto al valore standard raccomandato dall'Agenzia, di conseguenza si personalizza anche il Tt-Value.

Buhlmann definisce il tempo limite della **curva di sicurezza** con un Tt-Value 50. Quindi al subacqueo in buona salute per una immersione in curva di sicurezza può essere assegnato un ID-Personale di 50. Se l'ID-Personale viene diminuito per cause fisiche o altro anche il Tt-Value al limite della curva di sicurezza (NDL) diminuirà al pari valore dell'ID-Personale. Per chiarire, consideriamo due subacquei, uno con ID-Personale 50 e l'altro con 30. In immersione in Trimix normossico con un Tt-Value di 80, il primo (ID-Personale 50) avrà un ID-Deco di 30 (Tt-Value 80-50 ID-Personale = 30) quindi 3 minuti a tappa da -18 a -9 metri. L'altro subacqueo (ID-Personale 30) avrà un ID-Deco di 50 (Tt-Value 80 - 30 ID-Personale = 50) quindi una decompressione più conservativa di 5 minuti per tappa da -18 a -9 metri.

Punti chiave didattici:

- 👍 Tt-Value= somma profondità media (Avg) + Run-Time.
- 👍 ID-Personale: valore da identificare, ma lo standard per immersione al limite della curva di sicurezza (NDL) è 50 (estrapolato dalla tabella di Buhlmann).
- 👍 No Decompression Limit (NDL – immersione in curva di sicurezza): Quando il Tt-Value è uguale o minore dell'ID-Personale del subacqueo.
- 👍 DECO: Quando il Tt-Value è superiore dell'ID-Personale del subacqueo, Si crea il valore fuori curva.
- 👍 ID-Deco (in immersioni ricreative con aria alla profondità massima di 40 metri): la differenza fra il Tt-Value e l'ID-Personale crea un valore che diviso 2, indica la decompressione da spalmare sulla decompressione minima. La tappa meno profonda deve essere entro il massimo di 4 volte quella precedente e più profonda.
- 👍 ID-Deco (in immersioni tecniche con trimix normossico): la differenza fra il Tt-Value e l'ID-Personale crea un valore che diviso 10, suggerisce le tappe minime da fare da 18 a 9 metri. Poi si esegue un intervallo (break) di 6 minuti con il back-gas, quindi un ciclo di 12 minuti di ossigeno e infine la risalita in 6 minuti respirando ossigeno.

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

Tabella 4 Tabella Buhlmann NDL (fino all'altezza sul mare di 700 metri)

Tiefe m	Zeit min		Stufen		RG	m	min		9		6		3		RG	m	min		12		9		6		3		RG		
	min	sec	6	3			min	sec	9	6	3	min	sec	12			9	6	3	min	sec	12	9	6	3				
12	125				1 G	33	14								1 D	45	12											5 E	
15	75				1 G		20								4 E		15											5 E	
	90				7 G		25			2					7 F		18				2							9 E	
	51				1 F		30			4					11 G		21				3							13 E	
18	51				1 F	35			6					17 G	24				4								18 E		
	70				11 G	40			2	8				23 G	48	9											3 E		
21	35				1 E	12								1 D		12											5 E		
	50				8 F	20			2					5 E		15				2							6 E		
	60				16 G	25			4					9 F		18				3							10 E		
24	25				1 E	30			2	5				15 G	21				4								16 E		
	35				4 F	35			2	8				23 G	51	9											4 E		
	40				8 F	10								1 D		12											6 E		
	50				17 G	15								4 F		15				2							8 E		
	60				24 G	20			3					7 F		18				4							13 E		
27	20				1 E	25			2	4				12 G	21				3								18 E		
	30				5 F	30			3	7				18 G	54	9											5 E		
	35				10 F	35			5	9				28 G		12				1							6 E		
	40				13 G	9								1 D		15				3							10 E		
	45				18 G	12								4 F		18				1							17 E		
	50				22 G	15								5 E	57	9											5 E		
30	17				1 D	18								6 E		12				2							8 E		
	25				5 F	21			2	4				10 F		15				4							11 E		
	30				7 F	24			3	6				16 G		18				3							18 E		
	35				14 G	27			4	7				19 G	Höhenbereich: 0-700 müM														
	40				17 G																								
	45				23 G																								
	45				23 G																								

Tabella 5 Total value (Tt-value) massimo raccomandato dalla didattica UTRtek a seconda del tipo di immersione. Con i valori del Tt-Value e l'ID-Personale si può pianificare, in ogni momento della risalita, il profilo mnemotecnico di decompressione con la possibilità di personalizzarlo in base alla situazione fisica del momento.

N.D.L.	Deco Deep	Helitrox & ADV D.D.
50	60	65
<i>Avg inferiore a -21 Mt utilizzare Tab. Bühlmann</i>		Medi-TEK

TEK 1	TEK 2	TEK 3	PROFESSIONAL
-50 Mt	-60 Mt	-80 Mt	-100 -120 Mt W.S.E.
70	90	110	135

Set point profondità – controllo Tt-Value per definire o il tempo in curva oppure per calcolare la decompressione da svolgere.

Durante la risalita periodicamente si controlla il profondimetro. Si somma la profondità media e il run time. Il valore ottenuto rappresenterà un dato utile per la progressione finale della decompressione (il valore ID-personale determina la decompressione più o meno conservativa). Per immersioni ad aria entro i 40 Metri, quando la differenza tra ID-Personale e Tt-value è positiva (risultato superiore 50), il tempo di decompressione è la differenza diviso due. Esempio: Tt-value 54 rispetto a ID-Personale 50 = differenza + 4 che diviso 2 indica un tempo di decompressione di 2

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

minuti da aggiungere al tempo necessario per il controllo della risalita, ovvero alla decompressione minima di risalita. (**Tabella 6**)

Velocità di risalita – Immersione ricreativa (REC) entro i 40 metri .

Nelle immersioni ricreative abbiamo una velocità minima di risalita che si differenzia in base alla profondità massima raggiunta.

Esempio della velocità di risalita con deco minima: Da 40 a 30 metri (mt) = 1 minuto (velocità 10 mt/minuto). Da 30 a 21 metri = 2 minuti (5 mt/min). Da 21 a 12 metri = 4 minuti (3 mt/min + 1 minuto di “thinking stop”). A 21 minuti ci si ferma per 5 minuti per stabilizzare i parametri dei gas nell’organismo. Da 12 metri a 6 metri = 2 minuti (3 mt/min). Da 6 metri alla superficie si impiega 6 minuti (1 mt/min)

Nell’immersione in aria fino a 40 metri, il tempo di decompressione viene attribuito con questo rapporto: 4 minuti a 6 metri e 1 minuto a 9 metri (4:1); 8 minuti a 6 metri e 2 minuti a 9 metri (8:2); 12 minuti a 6 metri e 3 minuti a 9 metri (12:3), fino a un massimo 16 minuti a 6 metri e 4 minuti a 9 metri (16:4). Se necessario si continua aggiungendo 1 minuto a 12 metri secondo lo schema 1 minuto (12 metri) – 4 minuti (9 metri) -16 minuti (6 metri). Vedi **tabella 6**.

Tabella 6. Tempo di decompressione minimo

UTRtek - Deco Deep								
Tt-Value	Min. Deco	Stop	15 Mt	12 Mt	9 Mt	6 Mt	6 > 0	Run-Time
50 - NDL	/	1	1	1	1	1	6	11'
52	1	1	1	1	1	2	6	12'
54	2	1	1	1	1	3	6	13'
56	3	1	1	1	1	4	6	14'
58	4	1	1	1	2	4	6	15'
60	5	1	1	1	2	5	6	16'
62	6	1	1	1	2	6	6	17'
64	7	1	1	1	2	7	6	18'
66	8	1	1	1	2	8	6	19'
68	9	1	1	1	3	8	6	20'
70	10	1	1	1	3	9	6	21'

UTRtek - Underwater Technical Research - Mnemonic Deco System UTRtek

Nelle immersioni tecniche, con profondità da 40 a 120 metri (limite massimo dei corsi di formazione UTRtek), la velocità di risalita dipende dalla profondità raggiunta, dal tempo di fondo e dalle miscele di gas decompressivo (back gas) utilizzate.

Esempio: Nell’immersione con trimix normossico (fino a 60 metri) per rispettare il run time, l’Agenzia consiglia l’obiettivo di una sosta all’80% (in genere 15 metri sopra la profondità massima) e al 50% (in genere a 30 metri) per riorganizzare le idee (“thinking stop”). Se necessario,



Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini, Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

si attende per allinearsi al Run time altrimenti si prosegue la risalita fino al gas-switch a -21 metri con Trimix 50/20, senza aggiungere alcun tempo arbitrario.

A 6 metri – quando sia prevista la respirazione in ossigeno - si respira un ciclo da 12 minuti in ossigeno seguiti da 6 minuti di risalita in superficie continuando a respirare ossigeno. Il break fra la miscela arricchita in ossigeno (“Ean”50, Trimix 50/20 o l’ossigeno), va fatto con la miscela di back-gas facendo attenzione di non respirare un ppO₂ inferiore a 0,18 atm.

Nelle immersioni con respirazione in trimix con tempo di fondo massimo di 20 minuti (Tt-value 100 massimo) è sufficiente un solo ciclo di ossigeno. Quando siano previsti ulteriori cicli di ossigeno, questi si eseguono a 5 metri invece che a 6 metri (per motivo didattico). Da 6 metri alla superficie si risale in 6 minuti (1,25 mt/min). Importante è mantenere una normale ventilazione per scaricare il gas inerte (la procedura MDS prevede circa 12 atti respiratori/minuto), con trim point orizzontale.

Tempo di decompressione Il rapporto tra tempo di fondo e tempo di decompressione varia da 1:1 fino a 1:4 in base all’ID-Personale, alla profondità e al Tt-Value maturato. Il tempo di decompressione è influenzato dalla miscela respirata sia sul fondo che in decompressione. L’elio diffonde 4 volte più dell’azoto ed è assorbito 2,5 volte meno dell’azoto. Il che comporta che con l’elio la velocità di risalita è leggermente più lenta. Il profilo decompressivo può essere modificato in riferimento alle seguenti variabili: età, allenamento, condizione fisica; propria situazione psico-fisica prima e durante l’immersione; carico di lavoro sul fondo e in risalita; consumi sul fondo, in risalita fino al cambio della miscela decompressiva (Gas-Switch); freddo (specialmente in decompressione); errori in immersione e nella progressione della decompressione.

PARTE 2

Calcolo della decompressione

Immersione a 60 metri / 25 minuti e vogliamo calcolare la miscela respiratoria ottimale. La ppO₂ tollerata è 1,3 perché, a questa pressione parziale dell’ossigeno e per un limite di permanenza sul fondo di 26 minuti, provoca il 15% del limite massimo di tossicità dell’ossigeno secondo NOAA (Tabella 3). La percentuale dell’ossigeno nella miscela sarà $ppO_2 / \text{pressione assoluta} = 1,3 / 7 = 18\%$. Per il calcolo della percentuale di elio, si considera la pressione parziale dell’azoto (ppN₂) che consenta di restare in curva di sicurezza (NDL) 25 minuti. Plottando nella tabella di Buhlmann si individua il profilo 24 metri o 3,4 bar / 25 minuti (**Tabella 4**). Per la legge di Dalton, la pressione parziale dell’azoto (ppN₂) è data dalla percentuale di azoto nella miscela (FiN 2) per la pressione assoluta = $0,79 * 3,4 = 2,7$ atm. La FiN 2 a 7 bar (60 metri) è 38% ($2,7 / 7 = 0,38$). La pressione parziale dell’elio (ppHe) è a riempimento. In questo esempio sarà 3 atm (quanto basta a 7 bar) che corrisponde a una percentuale del 43%. Arrotondando per standardizzare, la miscela che utilizzeremo per l’immersione a 60 metri / 25 minuti sarà ossigeno 18% / elio 45% (37% azoto).

Per la miscela di fase decompressiva si agisce per potenziare il gradiente pressorio che elimina l’azoto. Alla tappa di 21 metri (3,1 bar), con la miscela di fondo 18/45, si respira il 37% azoto = $3,1 * 0,37 = 1,15$ atm di azoto. Si vuole aumentare il gradiente per eliminare l’azoto. Per

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek

Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini, Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

convenzione si toglie il 20% della ppO₂ respirata = $1,15 - (1,15 \cdot 0,2) = 0,92$. La percentuale dell'azoto (FiN₂) nella miscela di fase decompressiva sarà $0,92/3,1=30\%$. La percentuale dell'ossigeno respirato a 21 metri, per convenzione, è 50% (ppO₂ 1,55 bar). La percentuale dell'elio sarà a riempimento. FiHe = 100 (totale) – [50(ossigeno) + 30 (azoto)] = 20% Quindi la miscela di fase decompressiva a 21 metri sarà 50/20 (ossigeno/elio).

Questo è il profilo di decompressione mnemotecnico UTRtek per l'immersione didattica a 60 metri / 25 minuti, con ID-Personale standard di 50.

- 60 metri 25 minuti RT (Run time) 25 minuti
- 50 metri 1 minuto RT 26 minuti
- 40 metri 2 minuti RT 28 minuti (stop 1 minuto 80% profondità massima)
- 24 metri 5 minuti RT 34 minuti (stop 1 minuto 50% profondità massima)
- 21 metri si verifica sul profondimetro la profondità media (Avg) che, come poi calcoleremo, è 54 metri e il run time (RT) che è 35 minuti. Si calcola il total value 89 (Tt-value = 54 + 35 = 89).
- 21 metri 5 minuti RT 40 (*stop 1 minuto gas switch – da questo momento fino alla superficie il tempo viaggio tra le tappe è incluso nel tempo della tappa*)

Per il calcolo della decompressione personalizzata, è necessario conoscere la profondità media dell'immersione. Si legge sul decompressimetro (**Figura 7**) ma si può stimare, in fase di pianificazione pre immersione, calcolando il valore totale di assorbimento dei gas inerti alla profondità media (Avg).

Nell'esempio dell'immersione a 60 metri (7 bar) per 25 minuti, si ottiene un **valore** totale teorico **parziale** di **assorbimento** del gas inerte sul fondo (**V.P.A.**) di 175 ($25 \cdot 7=175$). Si calcola quanto inerte sia stato assorbito in risalita: $7 \text{ bar} + 3,1 \text{ bar} = 10,1 \text{ bar}/2 = 5,05 \times 10 \text{ minuti}$ (tempo di risalita) = 50 valore parziale di assorbimento in risalita (V.P.A.). La somma è 175 (gas assorbito sul fondo) + 50 (inerte assorbito in risalita) = 225 **valore totale di assorbimento (V.T.A.)**. Dividendo il V.T.A per il run time (il decompressimetro, nell'esempio, riporta 35 minuti) si ottiene la pressione assoluta media di 6,4 bar (Avg idrostatica = 54 metri). Questa sarà la profondità media dell'immersione quando il subacqueo è a 21 metri, secondo l'esempio fin qui riportato.

Per immersione in trimix a 60 metri il total value è 90 (che è il massimo consentito dalla didattica per il Trimix normossico) dal quale sottraggo il valore ID- Personale che è 50 (valore default che può essere personalizzato). La differenza è 40. Si divide per 10 (per convenzione) e si ottiene il valore 4 che sono minuti di decompressione per ciascuna tappa da 18 metri a 9 metri. Riepilogando: Tt value – ID-Personale = $90-50 = 40/10= 4$ minuti per ciascuna tappa tra 18 e 9 metri.

- Tappa fissa a 21 metri 4 minuti RT 44 (4 minuti di decompressione)
- 18 metri, 4 minuti, RT 44 (4 minuti di decompressione)
- 15 metri, 4 minuti, RT 48 (4 minuti di decompressione)
- 12 metri, 4 minuti, RT 52 (4 minuti di decompressione)
- 9 metri, 4 minuti, RT 56 (4 minuti di decompressione)
- Da 9 a 6 metri, 6 minuti (respirando la miscela di fondo 18/45), RT 62

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

- 6 metri, 12 minuti (respirando ossigeno), RT 74
- Da 6 a 0 metri, 6 minuti, RT 80 minuti.

Figura 7 Profondimetro Ratio (Dive System) che mostra la profondità media (AVG) e il run time.



Quante miscele sono necessarie in decompressione? Si decide in base all' **Helium Coded Value** che dipende dalla percentuale dell'elio nella miscela di fondo, dalla pressione assoluta, dal tempo di permanenza. La formula è $CVH = [(fHe * P_{amb}) * tempo]$.

Nell'esempio dell'immersione a 60 metri con miscela 18/45, il code value elio è $[(0,45 * 7) * 25] = CVH 78$. Fino a un valore di 120 (valore convenzionale, viene dall'analisi matematica della sovrasaturazione dell'elio in diversi compartimenti) una sola miscela in decompressione è sufficiente oltre al ciclo di ossigeno 100% a 6 metri. Quando il code value per elio (CVH) è superiore a 120 è necessario aggiungere una ulteriore miscela in fase decompressiva per implementare il gradiente nei confronti dell'elio, senza aumentare la Pp dell'azoto.

Azioni correttive per ID-Personale inferiore a quello raccomandato dall'Agenzia UTRtek (Tabella 8)

- **ID-Personale 54** per Professional 120 metri W.S.E. Si raccomanda di escludere la presenza di shunt destra sinistra (include il Forame Ovale Pervio).
- **ID-Personale 50** per Tek 3 Trimix 80 metri / Professional 100 metri. Si raccomanda di escludere la presenza di shunt destra/sinistra.
- **ID-Personale 40** per Tek 2 trimix 60 metri / Tek air 50. Si raccomanda di escludere la presenza di shunt destra/sinistra.
- **ID-Personale 30** per Tek 2 trimix 60 metri / Tek air 50. Aggiungere un ulteriore ciclo di ossigeno (12 minuti a 6 metri)
- **ID-Personale 20** per Recreational Dive 30 metri. Obbligo di respirare aria arricchita in ossigeno al 35% ("EAN"35 con ppO2 max 1,4 atm)
- **ID-Personale 10**. Sono consentite immersioni alla profondità massima di 20 metri per un tempo di fondo massimo di 30 minuti. Aggiungere un ciclo ossigeno (12 minuti a 6 metri). Rispettare Tt value 50 a 6 metri. Respirare aria arricchita in ossigeno 32% ("EAN"32) oppure helitrox

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

30/30. Per la decompressione si fa riferimento alla profondità massima e non quella media. Applicare il safety system.¹

¹**Safety system (Recreational Diving):** immersione fino alla profondità massima di 30 metri si raccomanda una PpO₂ massima di 1.4 e di

- 1) Utilizzare il Tt-Value per aria (50) ma respirare miscele di aria arricchita in ossigeno (come “EAN”32)
- 2) Configurare un computer subacqueo in aria ma di respirare aria arricchita in ossigeno (per esempio “EAN”32).

Tabella 8. Misure correttive per diversi ID-Personal

Profondità (Mt)	Tt-Value	Max	Descrizione
6 Mt	Tt-Value	Max 50	Immersioni in ND
9 Mt	Tt-Value	Max 60	Immersione fuori curva – Deco in Aria
12 Mt	Tt-Value	Max 65	Immersione fuori curva – Deco in Ossigeno 100%
21 Mt	Tt-Value	Max 70	Immersione fuori curva – Deco Ean50 o Tx50 + Ossigeno 100%
21 Mt	Tt-Value	Max 80	Immersione fuori curva – Deco Trimix 50/20 + Ossigeno 100%
21 Mt	Tt-Value	Max 90	Immersione fuori curva – Deco Trimix 50/20 + Ossigeno 100%
36 Mt	Tt-Value	Max 100-110	Immersione Tecnica – 2 Deco Mix Trimix + Ossigeno 100%
65-57-51 Mt	Tt-Value	Max 110-135	Immersione Tecnica - 3 Deco Mix Trimix + Ossigeno 100%

PARTE 3

Pianificazione della decompressione in trimix

Il tempo di fondo dipende dalla PpO₂ (deve essere al 15% della massima tossicità NOAA) e dalla ppN₂ (sempre in situazione di ND). Ai fini pratici, è sufficiente preparare la miscela per la corretta FiO₂ perché la FiN₂ sarà approssimativamente il doppio. Per esempio Trimix 18/45 (la FiN₂ è 37%). I gas decompressivi sono 1° gas) ossigeno; 2° gas) aria arricchita in ossigeno (OEA, “nitrox”), Trimix 50/?; 3° gas) Trimix 35/?; 4° gas) trimix 15/18/21/? (**Tabella 9**)

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek

Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini, Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

Tabella 9 Scelta della miscela in immersione. A destra con aria arricchita in ossigeno (OEA, “nitrox”), aria, heliair. A sinistra con miscele trimix.

Underwater Technical Research							Mnemonic Deco System UTRtek						
Miscela NITROX - ARIA - HELIAIR							Miscela TRIMIX - Best Mix						
REC - NDL	Deco Deep	ADV Deco	Tek Air	Ext. Range	Heliair		Helitrox	Tek 1	Tek 2	Tek 3	Professional	W.S.E.	Depth Mt.
Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Tt-Value	Depth Mt.
< 50	50 - 60	60 - 65	65 - 75	75 - 80	70 - 90		< 65	65 - 75	70 - 90	90 - 110	100 - 120	120 - 150	0
Air	Air	Air	Air	Air	Air	Tx - Heliair							10
Nitrox													20
													30
N.D.L.	Air	Oxygen	Ean 50	Ean 35			Oxygen	Tx 50/*					40
			Oxygen	Ean 50			Oxygen						50
				Oxygen				Tx 50/20					57
								Oxygen					60
						Ean 50							70
						Oxygen							75
													80
													90
													100
													120
													130
													140
													150

50: Valore standard - personalizzabile: Range da 45 a 55

(*) % di Azoto inferiore alla precedente MIX
(**) % Ascent-mix

Esercizio pratico

Immersione a 60 metri/20 minuti. Scegliere la pressione parziale dell'ossigeno (**tabella 3**) in base al limite di tempo. Essendo il tempo di fondo 20 minuti, nella **tabella 3** fino a 26 minuti va bene la ppO₂ 1.3 In accordo con la legge di Dalton: 1,3 / 7 bar => FiO₂ 18%

Per scegliere la FiN₂ si parte da tabella Buhlmann (**tabella 4**) che indica il profilo NDL 27 metri/20 minuti. Quindi FiN₂ 3,7*0,79=2,92 /7= 41%

L'elio è a riempimento. FiHe 100-18-41=41. Arrotondando, per standardizzare, la miscela sarà 18/45

E' sufficiente una sola miscela decompressiva a 21 metri (Trimix 50/20) e l'ossigeno 100% a 6 metri.

Scelta della miscela decompressiva. A 21 metri la pressione parziale dell'azoto è il prodotto della fN₂ 0,37 per la pressione assoluta 3,1 bar =1,19 atm.

Si sottrae il 20% > 0,95/3,1 = FiN₂ 30%. A 21 metri la FiO₂, per convenzione, è 50% quindi la miscela sarà ossigeno 50% / elio 20% (azoto 30%).

Primo check all'80% della profondità massima = 45 metri. Lo schermo del decompressimetro mostra:

	45 metri (profondità attuale)	22 minuti (run time)
60 metri (profondità massima)		55 (profondità media)

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

Profilo di decompressione UTRtek per immersione a 60 metri / 20 minuti con miscela 18/45 (ossigeno/elio).

Profondità	Sosta	Run time	Miscela	Note
60	20	20	18/45	
45	2	22	18/45	
40	1	23	18/45	
35	1	24	18/45	
30	1	25	18/45	
27	1	26	18/45	
24	1	27	18/45	
24>21	1	28	18/45	
21	5	33	50/20	A 21 metri la sosta minima è di 5 minuti
18	3	36	50/20	Nelle immersioni tecniche le tappe da 18 a 9 metri si calcolano alla quota come da Tabella 10
15	3	39	50/20	
12	3	42	50/20	
9	3	45	50/20	
9>6	6	51	18/45	FiO2 min 18%
6	12	63	100	
5	1	64	100	
4	1	65	100	
3	1	66	100	
2	1	67	100	
1	1	68	100	
0	1	69	100	

Il tempo delle tappe da 18 a 9 metri dipende dalla differenza tra Tt-value (che è la somma della profondità media e del tempo in essere) e ID-Personale. Il risultato si divide per 10. Si ottiene il

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek

Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini, Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

tempo di ciascuna tappa tra 18 e 9 metri. Esempio Tt value 80 – ID personal 50 = 30/10 = 3 >> tappe di 3 minuti a 18, 15, 12 e 9 metri. (Tabella 10)

Tabella 10 Tempo fisso tappe 18-9 metri nelle immersioni trimix – ID-Personale standard 50.

Max Depth: 60 Medium Depth	Tt-Value 70 Decotime	Tt-Value 80 Decotime	Tt-Value 90 Decotime
Tappe			
- 21 mt	5	5	5
- 18 mt	2	3	4
- 15 mt	2	3	4
- 12 mt	2	3	4
- 9 mt	2	3	4
- 8 mt	2 break	2 break	2 break
- 7 mt	2 break	2 break	2 break
- 6 mt	2 break	2 break	2 break
- 6 mt	12 Oxygen	12 Oxygen	12 Oxygen
superficie	6	6	6

Sistema Tempo Fisso
Deco Gas Trimix 50/20 + Oxygen

UNDERWATER TECHNICAL RESEARCH
 TECHNICAL MIXED GAS DIVING

Tabella 11 Esempi di profili decompressivi UTRtek – ID-Personale standard 50.

UTRtek	3 Profili Decompressivi	TEK 2 Trimix
Tempo Fisso	Fibonacci	Curva a "S"
UTRtek	UTRtek	UTRtek
Mix Back-Gas: Tx 18/45 - TEK2 Trimix Plan	Mix Back-Gas: Tx 18/45 - TEK2 Trimix Plan	Mix Back-Gas: Tx 18/45 - TEK2 Trimix Plan
Depth	Depth	Depth
60 Mt	60 Mt	60 Mt
-45	-45	-45
-40	-40	-40
-35	-35	-35
-30	-30	-30
-27	-27	-27
-24	-24	-24
-21	-21	-21
-21	-21	-21
-18	-18	-18
-15	-15	-15
-12	-12	-12
-9	-9	-9
-6	-6	-6
Out	Out	Out
TEK 2 - Normoxic Trimix UTRtek	TEK 2 - Normoxic Trimix UTRtek	TEK 2 - Normoxic Trimix UTRtek

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

Gestione delle emergenze.

Tabella 12 Perdita della miscela di fase decompressiva (Trimix normossico 50/20)

Miscela EAN50 OUT	Tt-Value 70	Tt-Value 80	Tt-Value 90
Tappe	Decotime - Back Gas	Decotime - Back Gas	Decotime - Back Gas
- 21 mt.	1	2	3
- 18 mt	1	2	3
- 15 mt	2	4	6
- 12 mt	4	8	12
- 9 mt	8	16	24
- 6 mt	Equivalenza Decotime: Aria - Ossigeno - Nitrox - Trimix		
superficie	6	6	6

Tabella 13. Perdita parziale della miscela 50/20

Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

TEK 2 TRIMIX DIVING COURSE UTRtek - Underwater Technical Research

Perdita parziale Deco Mix Trimix 50/20

Con utilizzo corretto del Tx50 alle sole tappe di -21 e -18 Mt (o almeno 7/8/9 minuti di respirazione del Tx50)

1°) Proseguire raddoppiando il tempo delle tappe alle rispettive quote di -15, -12 e -9 Metri
 2) Incrementare eventualmente la respirazione di Ossigeno come indicato nella tabella

Depth	Tt-Value 70	Tt-Value 80	Tt-Value 90	GAS / MIX
-21	5	5	5	Tx50/Nx50
-18	2	3	4	Tx50/Nx50
-15	4	6	8	Tx18/45 - Tx21/35
-12	4	6	8	Tx18/45 - Tx21/35
-9	4	6	8	Tx18/45 - Tx21/35
-9/-6	No Break			
-6	12	18	12+12	Oxygen
-6/Out	6	6	6	Oxygen

UTRtek - Underwater Technical Research

Tabella 14 Perdita dell'ossigeno

TEK 2 — Normoxic Trimix Diver Course

Underwater Technical Research

1. **Bombola-deco fuori uso a -6.** EMERGENZE deco-bottles

1 Ciclo di Ossigeno + risalita

- 12 min. di Ossigeno in **ARIA** = 30 Min. (10 a -6 mt e 20 a -3 mt)
- 12 min. di Ossigeno in **Trimix 50/20** = 18 Min. + 6 di risalita
- 12 min. di Ossigeno in **TRIMIX Norm:** = 24 Min. + 12 di risalita

TEK 2 TRIMIX DIVING COURSE UTRtek - Underwater Technical Research

Immersione con Trimix ipossico (TEK-3)

Tabella 15 Procedure standard del corso Trimix ipossico (TEK-3)

TEK 3 — Hypoxic Trimix Diver Course

Underwater Technical Research

STANDARD

Procedure del Corso

- Limite Massimo PO2 nella miscela trimix sul fondo: 1.2 ata
- Limite Massimo PN2 nella miscela trimix: 3.2 ata
- Limite Massimo PO2 nella miscela trimix in Deco: 1.6 ata
- Limite Massimo PHe nella miscela trimix: 0,70 ata // Nei corsi UTRtek 0,60
- Limite Frazione di Ossigeno: 0,10 // Nei corsi UTRtek 0,13
- Limite Massimo CNS% O2 accumulabile sul fondo: 15%
- Limite Massimo CNS% O2 accumulabile in totale nell'immersione: 80%
- Miscela Standard del corso: Tx 15/55 (Max -70 Mt) e 13/60 (Max -80 metri)
- Miscela Deco: Tx35/30>50 , Tx50/20>40 , Oxygen 100%

TEK 3 HYPOXIC TRIMIX DIVING COURSE Underwater Technical Research

Tabella 16 Configurazione subacqueo per immersione con trimix ipossico (TEK-3)

TEK 3 — Hypoxic Trimix Diver Course

Underwater Technical Research

BIBOMBOLA PER IL CORSO: 12+12 + S80

PLUS 4 — Technical Correctly Procedures

Underwater Technical Research

Gestione Stage TEK 3

- n° 1 Stage con Ossigeno 100% - MOD 6
- n° 1 Stage con Tx50 - MOD 21
- n° 1 Stage con Tx35 - MOD 36
- n° 1 Stage con Back-Gas - MOD 80

Riferimento ai seguenti corsi:
 • TEK 3 - Trimix Diving

Corso TEK 3

Bibombola Richiesto:

- ✓ 12+12
- ✓ S80 per Back-Gas

Stage:

- ✓ S80 per 3° Deco-Gas
- ✓ S80 per 2° Deco-Gas
- ✓ S40 per 1° Deco-Gas

UTRtek - Underwater Technical Research PLUS - T.C.D. Technical Correctly Procedures

Dottore Pasquale Longobardi
 Presidente AA Fondazione Mistral



Mnemonic Deco System (MDS - decompressione mnemotecnica) UTRtek
Appunti dottore Pasquale Longobardi del corso di Massimo Barnini,
Centro iperbarico Ravenna 13-14 marzo 2023

Appunti del corso di formazione sulla Decompression Mnemonic System di UTRtek gestito da Massimo Barnini presso Centro iperbarico di Ravenna il 13-14 marzo 2023.