

## „Głęboki Hel”- B.R. Wienke i T.R. O'Leary

Tłumaczenie: Magdalena Rozmus, Wojciech Tuchliński.

### Helowe mity i fakty

Bóg dał nam do nurkowania hel jednak diabeł zastąpił go azotem. Nie tylko zastąpił, ale sprawił, że hel owiany został złą sławą.

Hel jest gazem szlachetnym obecnie używanym do głębokich nurkowań. Jednak nie zawsze tak było. W momencie kiedy dopiero rozwijało się rekreacyjne i techniczne nurkowanie odradzano używanie helu do głębokich nurkowań. Po prostu obawiano się jego oddziaływania ponieważ bazowano na kilku niepotwierdzonych historiach opisujących problemy w trakcie głębokich nurkowań z użyciem tego gazu.

Hel traktowany był jako „voodoo”. Jego użycie było wręcz niedozwolone.

Niektóre z tych nieporozumień wzięły się z historii opowiadającej o tragedii Hansa Kellera w 1962 roku, który nurkował na mieszankach helowych. Inne z braku wiedzy o sposobach izobarycznych przełączeń z gazów ciężkich na lekkie, plotek na temat podnoszenia ryzyka CNS i braku wiarygodnych tablic dekompresyjnych dla mieszanek helowych. Obawy potwierdzał fakt, że czas bezdekompresyjny mieszaniny heliox 80/20 przy płytkich i krótkich nurkowaniach jest rzeczywiście krótszy niż przy nurkowaniach powietrznych. Niektórzy założyli więc, że dekompresja wykonywana na helu musi być dłuższa i bardziej niebezpieczna niż na powietrzu.

W skrócie – hel otrzymał złą reputację na skutek wielu nieporozumień.

Do niekwestionowanych praw należał praktyka przełączania się z dennej mieszanki helowej na nitrox lub powietrze tak wcześnie jak to możliwe, aby jak najbardziej skrócić czas dekompresji.

W rzeczywistości nie zupełnie koncepcja ta jest słuszna. Szczególnie jeżeli uwzględnimy teorię nowoczesnej dekompresji jak również klasyczną teorię Haldana z deep-stopami przewidzianymi w profilu nurkowania. Jeżeli ilość helu i azotu w przybliżeniu zmniejsza się w takich samych proporcjach jak wzrasta tlen aż do momentu izobarycznego przełączenia się na bogaty nitroks w płytkiej strefie, to różnice w dekompresji między wczesnym przełączeniem się na azot a dłuższym pozostaniem na lżejszej mieszaninie helowej są niewielkie. Używając helu płetwonurek czuje się jednak lepiej. Jest to zgodne z nowoczesną teorią i praktyką dekompresyjną, a co ważniejsze potwierdzone rzeczywistymi doświadczeniami wielu nurków technicznych.

W samej rzeczy nie ma potrzeby szybkiego przełączania się na mieszanki azotu. Podróżowanie na helu z przełączeniem się na czysty tlen w płytkiej strefie tworzy wydajna i również bezpieczniejszą dekompresję.

W NAUI Technical Diving Operations powstał specjalny program dla nurków i instruktorów wykonujących techniczne nurkowania na helu, który zawiera kurs użycia mieszanek trioksu (nitrox wzbogacony helem).

Opracowany został także zestaw tabel bazujących na algorytmie RGBM z uwzględnieniem użycie helu w nurkowaniach technicznych.

Ten sam nurt bezpiecznej i skutecznej dekompresji z użyciem helu, poparty badaniami poparte na praktycznych doświadczeniach prowadzonych przez grupy nurków technicznych WKPP i LANL. Materiały z ich prac wystarczyłyby do opublikowania kilku książek na temat użycia helu. NAUI Technical Diving Operations wykorzystuje z sukcesem hel już od kilku lat. Co to oznacza? Tysiące nurków technicznych używających helu w mieszankach. Dzisiaj hel jest już uznawany za wartościowy, bezpieczny techniczny miks. Używany jest również w nurkowych wyprawach badawczych. Odchodzi się od głębokich nurkowań powietrznych na rzecz użycia helu i stosowania głębokich przystanków dekompresyjnych. Nadchodzi czas nowoczesnych teorii dekompresyjnych spychających na drugi plan obowiązujące od 100 lat teorie gazu rozpuszczonego. Aby wyjaśnić dlaczego przyjrzyjmy się właściwościom gazów i ich wpływie na nurków.

### **Właściwości helu.**

Azot jest gazem obojętnym jednak ma swoje ograniczenia dla nurków. Wzrost ciśnienia azotu powyżej 40 metrów prowadzi o stanu euforii, obniżenia zdolności umysłowych i fizycznej dysfunkcjonalności. Powyżej 150 metrów prowadzi do utraty świadomości. Indywidualna tolerancja na azot jest bardzo różna i często zależy od aktywności organizmu. Symptomy narkozy azotowej niektórzy mogą odczuwać już na początku głębokiego nurkowania i będą one narastać wraz z czasem przebywania pod wodą. Podczas głębokich nurkowań na mieszankach bogatych w azot wzrost ciśnienia mieszaniny oddechowej powoduje zwiększenie oporów oddechowych co z kolei zmniejsza wentylację organizmu. Tlen również obciążony jest ograniczeniami, ponieważ wraz ze wzrostem głębokości wzrasta jego toksyczny wpływ na nasz organizm. Nurkowanie poniżej 45 metrów z wymaganym długim czasem dennym, gdzie nasze reakcje stają się wolniejsze, wymaga dodania gazu mniej narkotycznego niż azot, „lżejszego” do oddychania i mogącego ograniczyć ciśnienie parcjalne tlenu.

Jako gazy do głębokich nurkowań testowane były wodór, neon, argon i hel. Jednak tylko hel i wodór dały zadowalające efekty. Ponieważ wodór jest najlżejszy wydawało się, że będzie przeważał nad helem szybkością eliminacji, ale z powodu wysokiego ryzyka wybuchu w trakcie mieszania, to hel okazał się gazem efektywniejszym dla nurkowania jeżeli chodzi o głębokość i nasycenie.

TABELA 1: Waga, rozpuszczalność i potencjał narkotyczny gazów obojętnych i tlenu:

	WODÓR	HEL	NEON	AZOT	ARGON	TLEN
WAGA	2.02	4.00	20.18	28.02	39.44	32.00
ROZPUSZCZALNOŚĆ W KRWI	0.0149	0.0087	0.0093	0.0122	0.2600	0.0241
ROZPUSZCZALNOŚĆ W LIPIDACH	0.0360	0.0150	0.0199	0.0570	0.1480	0.1220
POTENCJAŁ NARKOTYCZNY	1.83	4.26	3.58	1.00	0.43	

Hel może być wdychany przez miłośników bez ryzyka uszkodzenia tkanek. Argon jest bardziej rozpuszczalny i cięższy niż azot, a tym samym ma małe zastosowanie. Neon nie jest dużo lżejszy od azotu i trochę bardziej rozpuszczalny niż hel. Z pięciu analizowanych gazów obojętnych hel jest najmniej, a argon najbardziej narkotyczny pod ciśnieniem.

Szybkości nasycenia i wysycenia gazów obojętnych są odwrotnie proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego z ich mas atomowych. Wodór nasyca i wysyca się w przybliżeniu 3.7 razy szybciej niż azot, a hel około 2.7 razy szybciej od azotu. Różnice między neonem, argonem i azotem nie są istotne dla nurkowania. Porównanie właściwości wodoru, helu, neonu, azotu, argonu i tlenu przedstawia tabela 1. Rozpuszczalności podane są w atm, wagi w atomowych jednostkach masy (amu), potencjały narkotyczne jako bezwymiarowe podane są w odniesieniu do narkotycznego wpływu azotu oznaczonego wskaźnikiem 1. Czym wyższy wskaźnik gazu tym mniejszy potencjał narkotyczny.

Rozmiar pęcherzyków formowanych w organizmie przez gazy obojętne zależy od ilości gazu rozpuszczonego w krwi a zatem i rozpuszczalności gazu. Im większa rozpuszczalność w krwi tym większe pęcherzyki. Z tego powodu hel jest lepszy niż wodór wśród gazów lekkich, podczas gdy azot jest korzystniejszy od argonu przy gazach cięższych. Neon pod względem rozpuszczalności podobny jest do azotu. Właściwości narkotyczne pozostają w korelacji z rozpuszczalnością w lipidach. Najmniejsze działanie narkotyczne mają gazy najmniej rozpuszczalne w tłuszczach. Różnice w prędkości nasycania i odsycania sugerują użycie helu i azotu jako najlepszej mieszanki gazów do skrócenia dekompresji. Po głębokich nurkowaniach przeprowadzanych na helu, przełączenie na azot pozostaje bez ryzyka, eliminacja helu jest przyspieszona, ponieważ gradient tkanki-krew jest zwiększony podczas oddychania azotem. Natomiast przez stopniowe zwiększanie zawartości tlenu po zastąpieniu helu azotem nasycanie tym gazem również pozostaje na niskim poziomie.

Przełączenia gazów zależą od ekspozycji na ich działanie i przesycenia tkanki kontrolującej wynurzenie.

Przełączenia z gazów lżejszych na cięższe (tak jak z helu na azot) są bezpieczne i praktykowane. Jednak zmiany gazów z cięższych na lżejsze mogą okazać się niebezpieczne. W pierwszym przypadku spadek nasycenia tkanek sprzyja przełączeniu. W drugim przypadku wzrost poziomu nasycenia tkanek może być katastrofalny w skutkach. Praktycznie określa się i stosuje przełączenia izobaryczne.

Nurkowanie na mieszaninach gazowych sięga połowy lat 40-tych XX w. W 1945 roku Zetterstrom z nurkował na głębokość 150 metrów używając hydroksu i nitroksu jako mieszanki podróżnej, ale zmarł w wyniku niedotlenienia i choroby dekompresyjnej gdy zespół zabezpieczający zbyt szybko podniósł go na powierzchnię. W 1959 roku Keller i Buhlmann opracowali program nurkowania na helioksie na głębokość 220 metrów z tylko 45-minutami dekompresji. Później w 1962 Keller i Small zanurkowali na 300 metrów, ale stracili świadomość w trakcie wynurzania z powodu błędów ekipy wspomagającej. Small i inny nurek asekurujący Wittaker w rezultacie zmarli. W 1965 roku Workman opublikował tabele dekompresyjne dla nitroksu i helioksu, z wersją nitroksu w formie rozwiniętej tabeli USN. Na Duke University Medical Center 3-osobowa załoga ATLANTIS III przeprowadziła rekordowe nurkowanie w komorze schodząc na helioksie na 680 metrów i Bennett odkrył, że 10% azot dodany do helioksu eliminuje syndrom HPNS (Neurologiczny Syndrom Wysokich Ciśnień).

Powyższe fakty potwierdzają przydatność helu do głębokich nurkowań, a co z rzeczywistymi odczuciami nurków używających tego gazu?

Konsensusem wśród nurków jest fakt, że dzięki użyciu helu czują się lepiej, mniej zmęczeni i zdrowsi niż pływając na mieszankach opartych o azot. WKPP, LANL i NAUI zdecydowanie potwierdzają ten fakt. Choć są to subiektywne i osobiste oceny jest to bardzo istotne. Aspekt psychologiczny jest podczas nurkowania, szczególnie głębokiego, bardzo ważny. Komfort psychiczny jaki daje hel jest bardzo ważnym argumentem. Po-nurkowy stres (osłabienie organizmu) jest mniejszy po nurkowaniu z użyciem helu niż azotu.

Kolejną korzyść nurkowania z użyciem helu to zwiększenie głębokości nurkowania (minimum bends depth –MBD), z której przy nagłym wynurzeniu na powierzchnię nie wystąpią objawy choroby dekompresyjnej. Dla mieszanin helowych MBD jest zawsze większe niż przy proporcjonalnych mieszankach opartych o azot. Przykładowo MBD dla 80/20 nitroks to 10 metrów, podczas gdy MBD dla helioksu 80/20 to 12 metrów. Wynika to z mniejszej rozpuszczalności helu w porównaniu do azotu w trakcie długich nurkowań.

Dekompresja w oparciu o hel jest skuteczna i szybka. Ponadto wielu dekompresyjnych nurkowań helowych nie dałoby się przeprowadzić w oparciu o mieszaniny azotowe. Hel okazuje się gazem lepszym do nurkowania. Pęcherzyki helu są mniejsze, dyfuzja do i z tkanek i krwi jest szybsza, hel jest gazem mniej narkotycznym, nurkowie czują się lepiej w trakcie i po nurkowaniu, a MBD helu jest lepsze niż MBD azotu.

Powyższe korzyści plus być może krótszy czas dekompresji to silne argumenty. Ale jak to przełożyć na nurkową praktykę?

Oto jak:

Właściwe wykorzystywanie helu.

Czas bezdekompresyjny helu (NDL – No Deco Limit) jest rzeczywiście krótszy niż azotu przy płytkich ekspozycjach jak pokazuje porównanie w Tabeli 2 dla helioksu 80/20 i nitroksu 80/20. Hel nasycy i wysycy się z organizmu 2.7 razy szybciej niż azot, ale azot jest 1.5 do 3.3 razy bardziej rozpuszczalny w płynach organicznych i tkankach. Podczas krótkiej ekspozycji (płytkie nurkowanie) szybsze tempo dyfuzji helu jest ważniejsze niż jego rozpuszczalność. W rezultacie NDL dla helu jest krótsze niż dla azotu.

Dla nurkowań z dłuższym czasem dennym (nurkowania dekompresyjne), mniejsza rozpuszczalność helu jest dominującym czynnikiem. Tak więc hel jest preferowany jako gaz denny i podróżny. Mówiąc inaczej krótkie, płytkie i okazjonalne nurkowania lepiej robić na azocie, a dłuższe głębsze i częste na helu.

TABELA 2: Porównanie NDL helu i azotu

GŁĘBOKOŚĆ (METRY)	HELIOX 80/20	NITROX 80/20
9	-	-
11	200	200
15	180	100

Teoria nowoczesnej dekompresji (jak np. RGBM) wymaga wykonania deep stopów, które zapobiegają tworzeniu się mikropecherzyków, pomagając utrzymać gazy w stanie rozpuszczonym, absorbowanym przez organizm. Głębokie przystanki na helu lub na azocie tworzą bezpieczniejszą i krótszą dekompresję.

Miła symbioza i kolejny powód do używania helu.

Zamykając temat przedstawimy porównanie profili nurkowych z rzeczywiście wykonanych nurkowań (WKPP, LANL i NAUI). Profile były generowane przez algorytm RGBM (oprogramowanie ABYSS, Abysmal Diving, Boulder).

Przystanki generowane przez RGBM są wyznaczane zawsze głębiej, ale ogólnie są krótsze niż wynikające z Haldana, Buhlmana ZHL czy Workman USN.

Po pierwsze porównamy nitroks i trioks jako gazy dekompresyjne z przełączeniem na 80% tlen na 6 metrach. Nurkowanie na 30 metrów przez 90 minut z użyciem EAN35 i EAH35/18 (NX 35/65 i TX 35/18/47 - zawartość tlenu jest taka sama).

Profil deco jest określony wg tabeli 3.

Prędkości zanurzania to 22 m/min, wynurzania to 8 m/min

TABELA 3: Zestawienie profilu deco nitroksu i trioksu

GŁĘBOKOŚĆ (METRY)	TRIOX 35/18	NITROX 35
	CZAS PRZYSTANKÓW	CZAS PRZYSTANKÓW
30	90	90
9	2	4
6	5	7
3	12	11
SUMA	19	22

Generalnie profil deco na trioksie jest krótszy niż dla nitroksu. Dodanie helu do mieszaniny dekompresyjnej dało korzystny wynik.

Może cię to zdziwić, ale sprawdź profile deco USN lub ZHL dla tego nurkowania. Przy użyciu trioksu profil deco ZHL to 39min przeciw 19min RGBM i przy wzbogaconym nitroksie 33min przeciw 22min. To nie tylko przewaga helu nad azotem to również przewaga nowego algorytmu nad koncepcją Haldana. Przypomnijmy, że teoria Haldana uwzględniała tylko gazy rozpuszczone podczas gdy nowoczesne modele pozwalają śledzić zarówno fazę rozpuszczoną jak i gaz w formie pecherzyków.

Tabela 4 to zestawienie przystanków dla głębokiego nurkowania trimiksoowego z wyborem dwóch różnych gazów do przełączenia i użycia od 30 metrów – triox 40/20/40 i nitrox 40/60

Nurkowanie – 10min na 120 metrach na TMX 10/65 z przełączeniem na 70 metrach na TMX 18/50, na 30 metrach TX 40/20/40 lub NX 40/60 i na 10 metrach NX 80.

Prędkości zanurzenia to 22 m/min i wynurzenia to 8 m/min.

TABELA 4: Porównanie zmiany gazów helu i azotu.

GŁĘBOKOŚĆ PRZYSTANKÓW (METRY)	TMX 10/65/25	TMX 10/65/25
	CZAS PRZYSTANKÓW	CZAS PRZYSTANKÓW
120	10	10
78	1.5	1.5
75	1.0	1.0
72	1.0	1.0
	TRIMIX	TRIMIX
	18/50/32	18/50/32
69	0.5	0.5
66	0.5	0.5
63	0.5	0.5
60	0.5	0.5
57	1.0	1.0
54	1.5	1.5
51	1.5	1.0
48	1.5	1.5
45	1.5	2.0
42	2.0	1.5
39	2.0	2.5
36	4.0	4.0
33	4.5	4.0
	TRIOX	NITROX
	40/20/40	40
30	2.5	2.0
27	2.5	2.0
21	5.0	4.0
18	6.5	5.5
15	8.0	6.5
12	9.5	7.5
	NITROX 80	NITROX 80
9	10.5	10.5
6	14.0	14.0
3	21.0	20.5
SUMA	123.0	116.0

Oczywiście jest wiele możliwości, strategii zmiany gazów czy używanych do nurkowania mieszanek. W powyższym porównaniu frakcja tlenu w trioksie i nitroksie jest taka sama. Różnice między azotową i helową strategią dekompresji dla tej ekspozycji są symboliczne. Tak jak zawsze, kiedy frakcja tlenu jest stała.

Porównanie wyników i doświadczenie wskazuje, że przy tego typu nurkowaniu wynurzenie się na TMX do 21 metra z przełączeniem na NX 50 to także dobra strategia wykorzystująca zalety helu, minimalizująca czas dekompresji i zmniejszająca ryzyko azotowej kontrdyfuzji izobarycznej. Przełączanie się na nitrox w płytszej strefie również działa, nieznacznie tylko wydłużając całość dekompresji.

Hel był podstawą nurkowań komercyjnych. Jego szersze wykorzystanie w społeczności nurków technicznych nastąpiło dopiero w ciągu ostatnich 10 lat. Po części jest to spowodowane ceną tego gazu. Nurkowania helowe nie są tanie. Ale powodem był też brak wiedzy. W tej chwili ulega to zmianie.