

Planowanie dekompresji metodą NektOnFly (NOF)

Wersja dla nurków używających powietrza i nitroksów z jednym lub dwoma gazami dekompresyjnymi.

Paweł Poręba

Wstęp

Planowanie dekompresji w locie zostało wymyślone w latach 90 i później, w GUE, w szczególności było rozwijane i propagowane przez Andrew Georgitsisa (kiedyś GUE, obecnie UTD).

Choć NOF jest w dużej mierze oparty o RD, to jest w nim szereg zmian, które dotyczą następujących kwestii:

- RD zakłada iż wszystkie nurkowania na głębokość większą od 30m wykonywane są na trymiksach, natomiast NOF umożliwia planowanie nurkowań powietrznych do głębokości 51m;
- metoda jest w całości oparta o współczynnik (ratio) wiążący czas dekompresji w strefie 6m-0m z czasem dennym (w RD ratio obowiązuje tylko na głębokościach referencyjnych – set pointach). W NOF ratio zależy zarówno od średniej głębokości nurkowania jak i od użytych w nim mieszanek oddechowych;
- głębokość pierwszego przystanku (PP) (czyli głębokość rozpoczęcia dekompresji) wyliczana jest za pomocą realistycznego oszacowania nasycenia szybkich tkanek;
- deepstopy rozpisują wg schematu arytmetycznego który zapewnia mniej więcej stałe przesylenia na kolejnych przystankach a nie liniowego w którym na większej głębokości przesylenia są bardzo małe ale rosną na kolejnych przystankach;
- dekompresję awaryjną rozpisuje wg schematu arytmetycznego który zapewnia mniej więcej stałe przesylenia na kolejnych przystankach a nie eksponentialnego który doprowadza do bardzo dużych przesyceń na najgłębszych przystankach;

Metoda NOF zwykle daje dekompresje podobne lub bardziej konserwatywne od RD (choć nie zawsze dłuższe). Największe różnice widoczne są w skomplikowanych profilach.

NOF jest metodą planowania nurkowań dekompresyjnych z użyciem co najmniej jednego gazu dekompresyjnego.

UWAGA! Metody planowania dekompresji w locie można z powodzeniem używać do planowania nurkowań oraz do ich replanowania pod wodą WYŁĄCZNIE pod następującymi warunkami:

- Ćwiczebnego wykonania wielu planowań i weryfikowania ich jednym z decoplanerów lub pod okiem instruktora, przed próbą wykorzystania tej umiejętności w praktyce.
- Weryfikacji swoich planów za każdym razem gdy się planuje nowe typy nurkowania (np. znacznie głębsze lub dłuższe niż zazwyczaj).
- Wykorzystanie tych metod do replanowania dekompresji pod wodą jest możliwe pod warunkiem doskonałego opanowania metody oraz nienagannej techniki nurkowania gwarantującej możliwość spokojnego i bezbłędnego wyliczenia planu.

UWAGA! Ani ta, ani żadna inna metoda planowania dekompresji nie gwarantuje 100% bezpieczeństwa dekompresyjnego. Używając metod planowania dekompresji w locie trzeba być świadomym, że żadna z tych metod nie jest modelem dekompresyjnym. Dlatego też teoretycznie istnieje możliwość, że w pewnych, nietypowych i nieprzetestowanych przez autora nurkowaniach ta metoda się nie sprawdzi. Użycie dekoplanera do kontroli umożliwi wykrycie takich przypadków. Proszę o przesyłanie takich profili w których metoda nie przeszła weryfikacji dekoplanerem na adres torilis@wp.pl.

UWAGA! Metoda NOF pozwala na planowanie realistycznej dekompresji bez „ukrytych” konserwatywizmów, jak to bywa w przypadku gdy planuje się dekompresję w oparciu o maksymalną głębokość nurkowania. Metoda NOF jak każda metoda oparta o RATIO, zapewnia mniej więcej stałe przesycenie końcowe. Jeśli chcemy być w zgodzie z metodami neohaldanowskimi to należy dla bardzo długich lub bardzo głębokich nurkowań założyć dodatkowy konserwatywizm. Jeśli chcemy zwiększyć swoje bezpieczeństwo dekompresyjne, możemy to uzyskać wydłużając czas dekompresji na tlenie (O_2T) lub/i czas dekompresji na nitroksie 50 (Nx50T). Orientacyjnie można założyć że zwiększenie czasu o 10% zmniejszy końcowe przesycenie o 0.05 bara.

UWAGA! Należy pamiętać, że planowanie dekompresji jest tylko jednym z wielu czynników warunkujących powodzenie nurkowania. Metoda NOF pozwala skutecznie planować długie dekompresyjne nurkowania, jednak by te nurkowania bezpiecznie realizować trzeba mieć właściwe wykształcenie w technice i praktyce nurkowania. Niestety wiele jeśli nie większość szkoleń nie zapewnia właściwego przygotowania do takich nurkowań, dlatego polecam samodoskonalenie i/lub udział w rzetelnych szkoleniach i warsztatach nurkowych.

Pojęcia podstawowe:

BT: Bottom time, czas denny, czas od rozpoczęcia zanurzenia do rozpoczęcia wynurzenia.

Deep stopy: przystanki dekompresyjne przed pierwszą zmianą gazu.

EMD: Równoważna głębokość górską:

$$EMD = \frac{P}{P_0}$$

gdzie P to ciśnienie panujące na danej głębokości, a P_0 ciśnienie na powierzchni.

EMPD: Równoważnik głębokości znormalizowany do poziomu morza.

$$EMPD = (P - 1bar) \times 10m$$

gdzie P to ciśnienie panujące na danej głębokości.

Frakcja gazu: zawartość gazu w mieszaninie wyrażana albo w % albo w postaci ułamka dziesiętnego.

Gazy standardowe: standardowe gazy denne to powietrze (AIR) (51m), Nx28 (40m), Nx32 (33m), Nx36 (28m), Nx40 (25m). Standardowe gazy deco to Nx35, Nx50 i O_2 . W planowaniu dekompresji można zimniejsze gazy zastępować gorętszymi (zawierającymi więcej tlenu) i używać równoważnika głębokości w planie nurkowym. W szczególności można używać nitroksów zamiast powietrza i EAD do wyliczenia czasu dekompresji w strefie 6-0m (O_2T). Pierwszy gaz dekompresyjny należy dobrać tak aby miał MOD na jednym z pierwszych przystanków.

Głębokość rozpoczęcia wynurzenia D_w : głębokość z której rozpoczynamy wynurzenie, pod warunkiem że spędziliśmy na niej minimum 10% czasu nurkowania lub więcej niż 4'. Odpowiada jej ciśnienie rozpoczęcia wynurzenia P_w .

GP: Górskie przesunięcie, przesunięcie o które zmieniamy położenie przystanków i stref nurkując na wysokości.

$$GP = (1 - P_0) \times 10m$$

Uwaga! Wszystkie strefy przesuwamy o GP GŁĘBIEJ w stosunku do nurkowań na poziomie morza.

O_2T : czas dekompresji w strefie 6-0m w której właściwym deco gazem jest O_2 . Podobnie Nx50T itd.

Obszar dekompresji: obszar od początku wynurzenia do powierzchni.

P_0 : Ciśnienie na powierzchni wody. Do wysokości 5000m można użyć przybliżenia:

$$P_0 = \left(1 - \frac{H}{10}\right) [bar]$$

gdzie H to wysokość npm. wyrażona w kilometrach. Dokładniejsze oszacowanie uzyskamy z wzoru:

$$P_0 = (0.87^H) [bar]$$

Np. na wys. 2000m ciśnienie wynosi 0.8bar pierwszą metodą i 0.76bar drugą.

PMPD: Pierwszy możliwy przystanek dekompresyjny czyli punkt zrównania ciśnienia gazu w danej tkance z ciśnieniem otoczenia. Tu używamy PMPD dla tkanki 5' i oznaczamy Pt5Go.

PP: Pierwszy przystanek dekompresyjny.

Pt₅Go: PMPD dla tkanki o półokresie 5'.

Profile odwrócone: profile w których głębokość rozpoczęcia wynurzania jest większa od średniej głębokości nurkowania. UWAGA! Głębokie windy również są profilami odwróconymi!!!

Ratio: Kluczowe pojęcie metody NOF, współczynnik pozwalający wyznaczyć czas dekompresji na podstawie średniej głębokości, użytych mieszanek i czasu dennego. Ratio wiąże czas dekompresji w strefie tlenowej O₂T z czasem dennym, dekompresję w innych strefach wyznacza się na podstawie O₂T.

Strefa dekompresyjna: krótka strefa wewnątrz obszaru dekompresyjnego. Strefy dekompresyjne mają przypisane sobie zalecane gazy dekompresyjne.

Proponuję przyjąć następujący podział na strefy dekompresyjne:

6m-0m	dla	O ₂
21m-9m	dla	Nx50
36m-24m	dla	Nx35

Powyższy podział obowiązuje niezależnie od użytych w danym nurkowaniu gazów deco.

Średnia głębokość nurkowania \bar{D} : średnia ważona czasem, podawana przez niektóre komputery nurkowe oraz digital330. Istnieje szereg metod szacowania średniej głębokości w locie, jednak ich użycie jest uciążliwe i miało pewien sens przed wprowadzeniem tej wielkości na wyświetlaczach urządzeń pomiarowych.

Kolejne kroki planowania

Określenie parametrów nurkowania: głębokość, czas i mieszanki.

Wyznaczenie głębokości pierwszego przystanku (str. 4).

Wyznaczenie czasu spędzonego w strefie 6-0m czyli dekompresji tlenowej O₂T (str. 5).

Wyznaczenie czasu dekompresji w kolejnych strefach (str. 6).

Podział czasu spędzanego w strefie na poszczególne przystanki (schemat S i arytmetyczny) (str. 7).

Opracowanie planów awaryjnych (str. 9).

Przeliczenie zapasów gazów i rezerw.

Obliczenie jednostek CNS i OTU.

Obliczenie głębokości pierwszego przystanku (PP)

Głębokość pierwszego przystanku (PP) wyznaczamy obliczając Pierwszy Możliwy Przystanek Dekompresyjny (PMPD) który zwykle wynika z nasycenia gazem obojętnym kompartymentu o półokresie nasycenia 5' - kompartymenty szybsze odsycają się skutecznie podczas wynurzenia z prędkością 9-10m/min natomiast kompartyment o półokresie 5' jest pierwszym który nie nadąża z odsycaniem się w trakcie takiego wynurzenia. Jako podstawę do wyliczeń przyjmujemy głębokość rozpoczęcia wynurzenia. Pierwszy przystanek (PP) powinniśmy wykonać płycej niż PMPD dopuszczając krytyczne przesycenie (KP[bar]) w granicach 0.6-1.2bar co odpowiada krytycznemu przesunięciu (KP[m]) przystanku o 6 do 12m. Krytyczne przesunięcie dobieramy wg następujących zasad:

- w nurkowaniach nitroksowych używamy EADw;
- na płytkich przystankach mniejsze na głębszych większe;
- jeśli pierwszy przystanek może wyjść w punkcie zmiany gazu kosztem nieco większego KP to należy tam właśnie go wykonać;
- jeśli głębokość rozpoczęcia wynurzenia jest znacząco płytsza od średniej głębokości, to przyjmujemy mniejsze przesycenie, jeśli jest znacząco głębsza to większe; jeśli jest ona znacząco płytsza od średniej głębokości nurkowania, to przyjmujemy że trzeba na niej spędzić minimum 10% czasu nurkowania, w przeciwnym razie przyjmujemy średnią.

Oszacowanie głębokości pierwszego przystanku PP jest pewnym przybliżeniem skonstruowanym tak, aby obliczenia były stosunkowo łatwe. Jako głębokość wyznaczającą pierwszy przystanek przyjmujemy głębokość z której rozpoczynamy wynurzenie. W istocie przy głębokich trymiksowych nurkowaniach maksymalne przesycenie KP[bar] będzie mniejsze od przyjętego przez nas krytycznego przesunięcia KP[m].

Orientacyjnie możemy przyjąć, uwzględniając typowy dobór gazów, że w nurkowaniach gdzie PMPD (Pt₅Go) wychodzi w okolicy 12m możemy sobie pozwolić na KP 6m, dla PMPD 12-30m na KP 6-12m.

Obliczenia:

Fracja gazów obojętnych (azotu):

$$FGo = 1 - FO_2$$

Ciśnienie parcjalne gazów obojętnych w mieszaninie oddechowej:

$$PGo = FGo \times P$$

gdzie P oznacza ciśnienie na głębokości z której rozpoczynamy wynurzenie.

Ciśnienie gazów rozpuszczonych w tkance 5':

$$Pt_5Go = (PGo - 0.8bar) \times \left(1 - 0.5^{\frac{t}{5'}}\right) + 0.8bar$$

gdzie t to czas nurkowania. Uwaga: wystarczy przyjąć przedziały czasowe:

BT do 5' – nasycenie (saturacja) S₅=50%

BT do 10' – S₁₀=75%

BT do 20' – S₂₀=90%

BT ponad 20' – S₂₅=100%

Wtedy dla nurkowań dłuższych niż 20' przyjmujemy po prostu:

$$Pt_5Go = PGo$$

natomiast dla nurkowań krótszych odpowiednio:

$$Pt_5Go = (PGo - 0.8bar) \times S + 0.8bar$$

Jak wspomniałem pierwszy możliwy przystanek dekompresyjny wyznaczamy na podstawie nasycenia tkanki 5':

$$PMPD = (Pt_5Go - P_0) \times 10 \frac{m}{bar}$$

Głębokość pierwszego przystanku:

$$PP = PMPD - KP$$

Gdzie KP to krytyczne przesunięcie w zakresie 6-21m.

UWAGA! W nurkowaniach do 42m można przyjąć za wystarczające przybliżenie iż PP jest zawsze równy połowie głębokości rozpoczęcia wynurzania!

Przykład 1:

Nurkowanie do głębokości 46m, średnia głębokość 42m, głębokość z której rozpoczynamy wynurzenie 40m, czas nurkowania 30', mieszanina denna: powietrze.

$$FGo = 1 - FO_2 = 1 - 0.21 \approx 0.8$$

$$PGo = FGo \times P = 0.8 \times 5bar = 4bar$$

$$Pt_5Go = PGo = 4bar$$

$$PMPD = (4bar - 1bar) \times 10 \frac{m}{bar} = 30m$$

$$PP = PMPD - KP = 30m - 9m = 21m$$

Przyjmuję KP=9m, właściwe dla tej głębokości i użytych gazów.

(Faktyczne przesycenia¹ dla przykładowego nurkowania:

1' zejście na 46m; 7' na 46m; 17' na 42m; 5' na 40m; 2' wynurzenie do 21m to 0.8bara w tkance 5'. Tkanki szybsze odsyciły się w trakcie wynurzania do 21m, tkanki wolniejsze nie zdążyły się nasycić w trakcie nurkowania).

Przykład 2:

Nurkowanie na wysokości 3000m; 30'/40m. Mieszanina denna: powietrze.

Ciśnienie na powierzchni wynosi:

$$P_0 \approx \left(1 - \frac{3km}{10km}\right) [bar] = 0.7bar$$

$$P = 4bar + 0.7bar = 4.7bar$$

$$FGo = 1 - FO_2 = 1 - 0.21 = 0.79$$

$$PGo = FGo \times P = 0.79 \times 4.7bar \approx 3.7bar$$

$$Pt_5Go = PGo = 3.7bar$$

$$PMPD = (Pt_5Go - P_0) \times 10 \frac{m}{bar} = (3.7bar - 0.7bar) \times 10 \frac{m}{bar} = 30m$$

$$PP = PMPD - KP = 30m - 9m = 21m$$

Faktyczne przesycenie na PP to 0.8 bar.

¹ Wszystkie symulacje zostały wykonane za pomocą symetrycznego, perfuzyjno-dyfuzyjnego modelu nasycania tkanek obejmującego 57 kompartmentów o półokresach od 0.1' do 655'.

Wyznaczenie czasu dekompresji tlenowej O₂T

O₂T wyznaczamy na podstawie czasu nurkowania Bottom Time (BT) i średniej głębokości nurkowania (D). W głębokich i krótkich nurkowaniach, gdzie czas wynurzania do zmiany gazu jest długi w porównaniu do czasu dennego wskazane jest użycie czasu i średniej głębokości z momentu osiągnięcia pierwszego przystanku ze zmianą gazu! Podobnie należy postąpić w przypadku wykonywania profili odwróconych (wtedy gdy głębokość rozpoczęcia wynurzania jest większa od średniej głębokości). (Tak więc w tych przypadkach faktycznie wyliczenie O₂T wykonujemy dwukrotnie, raz dla wyznaczenia czasu przystanków do pierwszej zmiany gazu, drugi raz dla wyznaczenia czasu przystanków na deco gazach). W pozostałych przypadkach możemy przyjmować wartość z momentu rozpoczęcia wynurzania. Ostatecznie:

$$O_2T = Ratio \times BT$$

UWAGA! W przypadku użycia nitroksu do obliczenia używamy EAD!

UWAGA! W przypadku nurkowań górskich do wyznaczenia O₂T używamy równoważnej głębokości górskiej EMD, natomiast do wyliczenia czasu spędzanego w kolejnych strefach używamy równoważnika głębokości znormalizowanego do poziomu morza EMPD oraz zmieniamy położenie stref i punkty zmiany gazu tak aby wyszły na MODzie czyli przesuwamy w dół o GP.

Współczynnik (Ratio) zależnie od stosowanych gazów i głębokości:

Nurkowania powietrzne z O₂ w zakresie 12-21m [A0] UWAGA! Cała dekompresja ma być wykonana od 6m!

$Ratio_{21m}^{A0} = 0.20$ czyli jeśli nurkujemy na 21m ratio wynosi 0.20

$Ratio_{D-3m}^{A0} = Ratio_D^{A0} - 0.05$ czyli na każde pełne 3m mniej niż 21m zmniejszamy Ratio o 0.05

Nurkowania powietrzne z Nx50 w zakresie 24-42m [A1]

$Ratio_{24m}^{A1} = 0.30$

$Ratio_{D+3m}^{A1} = Ratio_D^{A1} + 0.05$

Nurkowania powietrzne z Nx50 i O₂ w zakresie 24-51m [A2]

$Ratio_{24m}^{A2} = 0.20$

$Ratio_{D+3m}^{A2} = Ratio_D^{A2} + 0.05$

Przykład 1

Nurkowanie powietrzne na 30'/28m z dekompresją na Nx50.

$$Ratio_{24m}^{A1} = 0.30$$

28m jest 4m głębiej niż 24m, a więc doliczamy dwa przedziały na każde rozpoczęte 3m, więc:

$$Ratio_{28m}^{A1} = 0.30 + 0.05 + 0.05 = 0.4$$

$$O_2T = Ratio_{28m}^{A1} \times BT = 0.4 \times 30' = 12'$$

Wyliczenie czasu dekompresji w kolejnych strefach

W strefie 21m-9m (Nx50) spędzamy tyle samo czasu co w strefie 6m-0m (O₂). W każdej następnej strefie spędzamy połowę czasu ze strefy poprzedniej. Jeżeli PP wypada wewnątrz strefy to ograniczamy czas spędzony w tej strefie proporcjonalnie do liczby pominiętych przystanków.

UWAGA! Zasada O₂T=Nx50T jest złamana w nurkowaniach górskich!

Przykład 1:

Nurkowanie 40'/48m na powietrzu z dekompresją na Nx50 i O₂.

$$PP = 27m$$

$$Ratio_{48m}^{A2} = Ratio_{24m}^{A2} + 8 \times 0.05 = 0.20 + 0.40 = 0.6$$

$$O_2T = Ratio_{48m}^{A2} \times 40' = 24'$$

$$Nx50T = O_2T = 24'$$

$$tx35/20T = 0.5 \times Nx50T \times \frac{2}{5} = 0.5 \times 24' \times \frac{2}{5} \approx 5'$$

(2/5 ponieważ w tej strefie obejmującej 5 przystanków wykonujemy 2 przystanki na 27 i 24m)

Przykład 2:

Nurkowanie 50'/30m na powietrzu z dekompresją na Nx50.

$$PP = 15m$$

$$Ratio_{30m}^{A1} = Ratio_{24m}^{A1} + 2 \times 0.05 = 0.30 + 0.10 = 0.4$$

$$O_2T = Ratio_{30m}^{A1} \times BT = 0.4 \times 50' = 20'$$

$$Nx50T = \frac{3}{5} O_2T = 12'$$

Uwaga! Jeśli mamy do dekompresji Nx50, to pierwszy przystanek robimy od początku strefy czyli na 21m rozpisując 12' wg schematu S. Jeśli robimy awaryjne deco to 24' rozpisujemy wg schematu arytmetycznego od PP czyli od 15m.

Podział czasu na przystanki wewnątrz strefy

Rozpatrujemy tu dwie sytuacje: przystanki wykonywane na właściwym dla danej strefy gazie i przystanki wykonywane na gazie o mniejszej zawartości tlenu.

Przystanki wykonywane na właściwym gazie (blisko MOD)

Stosujemy schemat S. Aby uzyskać podział wg tego schematu należy podzielić czas który mamy spędzić w danej strefie na liczbę przystanków w tej strefie. Tak otrzymany czas bazowy wpisujemy na najpłytszy przystanek tej strefy. Na połowie kolejnych przystanków spędzamy połowę czasu bazowego, natomiast na najgłębszych przystankach – czas bazowy plus to co pozabieraliśmy z tych poprzednich przystanków. Wartości zaokrąglamy do wartości całkowitych. Jeśli czas bazowy wychodzi ułamkowy, to możemy zaokrąglić go w górę do wartości całkowitej (przedłużymy w ten sposób deco o kilka minut. Jeśli chcemy tego uniknąć to odejmujemy te kilka minut z płytszych środkowych przystanków tej strefy). Jeśli punkt zmiany gazu jest głębiej niż PP to dekompresję rozpoczynamy od punktu zmiany gazu!

UWAGA! Jeśli w następnej strefie mamy punkt zmiany gazu, to należy po odbyciu ostatniego przystanku w danej strefie przełączyć się na gaz o możliwie małej zawartości tlenu, odczekać drugie tyle ile trwał ten przystanek ale nie więcej niż 6', wynurzyć się na kolejny przystanek i tam zmienić gaz.

UWAGA! W przypadku płytkich stref można jeszcze bardziej wydłużyć głęboką część dekompresji (tę na MOD i tuż pod MOD) kosztem skracania płytszych przystanków. W takim wypadku należy przeanalizować problem toksyczności tlenowej CNS).

UWAGA! Do obliczenia zapasów gazu możemy przyjąć średnią głębokość z tej strefy równą głębokości najgłębszego przystanku zmniejszonej o 1m (np. dla strefy Nx50 będzie to 20m, dla strefy tx35/25 – 35m itd.). Da to kilkuprocentowy (5-10%) nadmiar gazu.

UWAGA! W przypadku długich dekompresji na MODzie należy stosować przerwy na gazie o małej zawartości tlenu w cyklu 12'/6', 15'/5' lub podobnym. Ostatnia CAŁA część cyklu ma być wykonana na gazie dekompresyjnym!

Przykład 1

W strefie dekompresji na Nx50 (21-9m) mamy spędzić 20'. Dzielimy 20' na 5 przystanków, czas bazowy wynosi więc 4'. Tak więc na 9m wpisujemy te 4', na dwóch kolejnych przystankach robimy połowę czyli po 2' a na dwóch najgłębszych czas bazowy plus po dwie zabrane z poprzednich przystanków czyli po 6'. Ostatecznie otrzymujemy:

9m 4' Nx50 + 4' BG
12m 2' Nx50
15m 2' Nx50
18m 6' Nx50
21m 6' Nx50

Przykład 2

W strefie dekompresji na Nx50 mamy spędzić 13'. Dzielimy na 5 przystanków, wychodzi 2.6', ale czas bazowy zaokrąglamy do 3'. Tak więc na 9m wpisujemy 3', na 12m i 15m połowę, ale też zaokrągloną, czyli po 2', na 18m i 21m czas bazowy plus to co zabraliśmy z poprzednich, czyli 3'+1', czyli po 4'.

Otrzymujemy:

9m 3' Nx50 + 3' BG
12m 2' Nx50
15m 2' Nx50
18m 4' Nx50
21m 4' Nx50

Jednak w ten sposób otrzymujemy o 2' zbyt długą dekompresję. Możemy tak zostawić uzyskując nieco większy konserwyzm, możemy też skrócić środkowe przystanki otrzymując:

9m 3' Nx50 + 3' BG
12m 1' Nx50
15m 1' Nx50
18m 4' Nx50
21m 4' Nx50

Przystanki wykonywane na gazie innym niż przypisany do danej strefy (daleko MOD)

Stosujemy schemat arytmetyczny. Aby uzyskać podział wg tego schematu należy podzielić czas który mamy spędzić w danej strefie na liczbę przystanków w tej strefie. Tak otrzymany czas bazowy wpisujemy na środkowy przystanek tej strefy. Na najgłębszym przystanku spędzamy połowę czasu bazowego, na przystankach pomiędzy najgłębszym a środkowym – wartości pośrednie, natomiast na płytszych przystankach dodajemy symetrycznie to co pozabieraliśmy z głębszych. Wartości zaokrąglamy do całkowitych. Jeśli czas bazowy jest niecałkowity to zaokrąglamy go w górę. Jeśli nie chcemy przedłużać deco w tym wypadku, to po podziale odejmujemy nadmiarowe minuty równomiernie zaczynając od dolnych i środkowych przystanków.

UWAGA! Do obliczenia rezerwy możemy przyjąć jako średnią głębokość – głębokość środkowego przystanku. Da to nadmiar gazu nie większy niż kilka (ok. 5%).

Przykład 1

Mamy do spędzenia 20' w strefie 21-9m na gazie dennym (zabrakło Nx50). Wtedy dzielimy 20' na 5 przystanków, uzyskujemy czas bazowy 4'. Ten czas wpisujemy na środkowy przystanek czyli na 15m. Na 21m wpisujemy połowę czyli 2'. Na 18m – 3'. Na 12m – bazę plus to co zabraliśmy z 18m czyli łącznie 5', na 9m bazę plus to co zabraliśmy z 21m czyli łącznie 6'. Ostatecznie otrzymujemy:

9m	6'
12m	5'
15m	4'
18m	3'
21m	2'

Przykład 2

Na przystankach od 33 do 24m mamy spędzić 10' na gazie plecowym. Dzielimy to na 4 przystanki. Wychodzi nam 2.5'. Ponieważ liczba przystanków jest nieparzysta, środek wychodzi na 28.5m. Możemy głębszy przystanek zaokrąglić w dół, płytszy w górę, czyli wpisać na 30m 2' na 27m 3'. Na najgłębszym robimy połowę bazy czyli 1', na najpłytszym bazę plus to co zabrane z najgłębszego czyli 4'. Ostatecznie otrzymujemy:

24m	4'
27m	3'
30m	2'
33m	1'

Dekompresja awaryjna

W sytuacji utraty gazu dekompresyjnego który mieliśmy używać w danych strefach dekompresyjnych, dekompresje w tych strefach należy wykonać na dostępnym gazie o możliwie wysokim pPO₂ a czas tej dekompresji podwoić. Uwaga! Przystanki należy rozplanować wg schematu arytmetycznego! Po nurkowaniu z awaryjną dekompresją przez pół godziny oddychamy tlenem na powierzchni albo przedłużamy przystanki w płytszych strefach!

Nurkowania powtórzeniowe

Nurkowania powtórzeniowe należy robić nie wcześniej niż po godzinie przerwy powierzchniowej. W takim wypadku można zwiększyć czas najpłytszych przystanków (9 i 6m) ale nie więcej niż trzykrotnie. W przypadku wykonywania nurkowania po przerwie krótszej niż godzina należy w drugim nurkowaniu wykonać dekompresję taką jaka by była potrzebna w jednym nurkowaniu będącym sumą tych nurkowań.

Praktyczne zagrania taktyczne

Replanowanie nurkowania pod wodą

Przed rozpoczęciem nurkowania planujemy prawdopodobny profil nurkowania w oparciu o naszą wiedzę o miejscu i celu nurkowania. W ramach tego planu wyznaczamy dekompresję dla której obliczamy potrzebne zapasy gazów i rezerw. Jeśli zastane pod wodą warunki skłonią nas do zmiany planu nurkowania, powinniśmy tą zmianę tak przeprowadzić, żeby nasza dekompresja się nie wydłużyła. Wtedy możemy poprzestać na wyliczonych wcześniej wartościach zapasów gazu i rezerw.

Przykład 1:

Planowane nurkowanie powietrzne z dekompresją na Nx50 i O₂ na pokład wraku znajdujący się na 45m. Planowany czas nurkowania 40'.

$$PP = 24m \text{ przy } KP = 10m$$

$$Ratio_{45m}^{A_2} = Ratio_{24m}^{A_2} + 7 \times 0.05 = 0.20 + 0.35 = 0.55$$

$$O_2T = Ratio_{45m}^{A_2} \times BT = 0.55 \times 40' = 22'$$

$$Nx50T = O_2T = 22'$$

$$Nx35T = 0.5 \times Nx50T \times \frac{1}{5} = 2'$$

Jednak na wraku zastaliśmy bardzo mętną wodę w strefie od dna do pokładów, dlatego zmieniliśmy cel na nadbudówkę znajdującą się na 39m.

$$Ratio_{45m}^{A2} = Ratio_{24m}^{A2} + 5 \times 0.05 = 0.20 + 0.25 = 0.45$$

wtedy możemy tam spędzić:

$$BT = \frac{O_2T}{Ratio_{39m}^{A2}} = \frac{22'}{0.45} = 48'$$

przy zachowaniu wyliczonych rezerw i zapasów gazu. Oczywiście w tym wypadku pomijamy przystanek na 24m.

Obliczenie czasu eksploracji

W przypadku wyliczenia dekompresji podczas wielopoziomowego nurkowania możemy wyliczyć średnią głębokość planowanego profilu, co jest jednak skomplikowane, albo zsumować czasy dekompresji dla poszczególnych fragmentów profilu, co zwykle jest prostsze do wykonania pod wodą.

Aby obliczyć czas który można spędzić w danym miejscu do uzyskania zaplanowanego czasu dekompresji, należy obliczyć czas dekompresji wynikający z aktualnej średniej głębokości, obliczyć różnicę w stosunku do planu i tą różnicę podzielić przez ratio dla przewidywanej średniej głębokości reszty nurkowania.

Przykład 1:

Nurkowanie na powietrzu z dekompresją na Nx50 i O₂. W 15' nurkowania jesteśmy na wraku na głębokości 42m. Od opustówki dzieli nas 10' płynięcia. Aktualna średnia głębokość nurkowania wynosi 24m (łącznie z zanurzeniem). Początek wynurzenia przy opustówce to 42m. Mamy zaplanowaną dekompresję w której O₂T wynosi 40'. Ile czasu możemy spędzić na eksploracji tego miejsca?

Aktualnie mamy już:

$$Ratio_{24m}^{A2} = 0.20$$

$$O_2T = 0.2 \times 15' = 3'$$

Pozostało nam dopuszczalnego O₂T:

$$40' - 3' = 37'$$

co przy na średniej głębokości 42m daje:

$$Ratio_{42m}^{A2} = Ratio_{24m}^{A2} + 6 \times 0.05 = 0.20 + 0.30 = 0.50$$

$$BT = \frac{37'}{0.5} = 74'$$

Z tego 10' musimy poświęcić na dotarcie do opustówki, tak więc mamy do dyspozycji:

$$ET = 74' - 10' = 64' \text{ czasu na eksplorację.}$$

Przykładowe nurkowania

Nurkowanie wielopoziomowe 15'/51m + 35'/45m +15'/39m na powietrzu, deco gazy Nx50 i O₂.

$$\bar{D} = \frac{15' \times 51m + 35' \times 45m + 15' \times 39m}{65'} = 45m$$

$$D_w = 39m$$

$$PP = \frac{D_w}{2} = \frac{39m}{2} = 19.5m \approx 21m$$

(przyjmuję 21m dla uproszczenia równie dobrze można by zaokrąglić do 18m).

$$Ratio_{45m}^{A1} = Ratio_{24m}^{A2} + 7 \times 0.05 = 0.20 + 0.35 = 0.55$$

$$O_2T = Ratio_{45m}^{A2} \times BT = 0.55 \times 65' = 36'$$

$$Nx50T = O_2T = 36'$$

Profil podstawowy					Utrata Nx50		Utrata O ₂	
6m	36'	O ₂			36'	O ₂	72'	Nx50 lub AIR
9m	7'	Nx50	+	6' AIR	22'	AIR	7'	Nx50
12m	4'	Nx50			19'	AIR	4'	Nx50
15m	4'	Nx50			14'	AIR	4'	Nx50
18m	10'	Nx50			10'	AIR	10'	Nx50
21m	11'	Nx50			7'	AIR	11'	Nx50

Uwaga! W przypadku utraty Nx50 przypadku dysponowania nadmiarem tlenu wskazane jest przedłużyć przystanek na 6m!

Uwaga! Jeśli wiemy, że straciliśmy tlen, możemy pominąć przerwę na gazie plecowym przed przejściem na 6m.

Uwaga! W przypadku utraty tlenu, jeśli mamy nadmiar Nx50, to przystanek na 6m przynajmniej częściowo wykonujemy na Nx50.

Przerwa powierzchniowa 1h

Nurkowanie 8'/50m+25'/49m+10'/48m powietrzu; gazy deco Nx50;O₂

$$\bar{D} = \frac{8' \times 50m + 25' \times 49m + 10' \times 48m}{43'} = 49m$$

$$FGO = 1 - 21\% = 0.79 \approx 0.8$$

$$PGO = FGO \times P_w = 0.8 \times 5.8bar \approx 4.6bar$$

$$PMPD = (PGO - P_0) \times 10 \frac{m}{bar} = (4.6bar - 1bar) \times 10 \frac{m}{bar} = 36m$$

$$PP = PMPD - KP = 36m - 12m = 24m$$

$$Ratio_{51m}^{A2} = Ratio_{24m}^{A2} - 9 \times 0.05 = 0.20 + 0.45 = 0.65$$

$$O_2T = Ratio_{51m}^{A2} \times BT = 0.65 \times 43' = 28'$$

$$Nx50T = O_2T = 28'$$

$$Nx35T = 0.5 \times Nx50T \times \frac{1}{5} = 0.5 \times 28' \times \frac{1}{5} = 3'$$

Ze względu na fakt iż jest to nurkowanie powtórzeniowe po długim dekompresyjnym nurkowaniu a czas przerwy powierzchniowej skrajnie krótki, wydłużam przystanki na 9m i 6m 2.5 razy.

Podstawowy profil					Utrata Nx50		Utrata O ₂	
6m	70'	O ₂			87'	O ₂	140'	Nx50 lub AIR
9m	15'	Nx50	+	6' AIR	17'	AIR	15'	Nx50
12m	2'	Nx50			14'	AIR	2'	Nx50
15m	2'	Nx50			11'	AIR	2'	Nx50
18m	9'	Nx50			8'	AIR	9'	Nx50
21m	9'	Nx50			5'	AIR	9'	Nx50
24m	3'	AIR			3'	AIR	3'	AIR

W przypadku utraty Nx50 korzystniej jest wydłużyć przystanek na 6m zamiast na 9m.

*nurkowanie jednopoziomowe, powietrzne 40'/42m;
dekompresja na Nx50 i O₂.*

$$FGo = 1 - 21\% = 0.79 \approx 0.8$$

$$PGo = 5.2 \times 0.8 = 4.2bar$$

$$Pt_5Go = PGo$$

$$PMPD = (Pt_5Go - P_0) \times 10 \frac{m}{bar} = (4.2bar - 1bar) \times 10 \frac{m}{bar} = 32m$$

$$PP = PMPD - KP = 32m - 11m = 21m$$

$$Ratio_{42m}^{A2} = Ratio_{24m}^{A2} + 6 \times 0.05 = 0.2 + 0.3 = 0.5$$

$$O_2T = Ratio_{42m}^{A2} \times BT = 0.5 \times 40' = 20'$$

$$Nx50T = O_2T = 20'$$

Profil podstawowy					Utrata Nx50		Utrata O ₂	
6m	20'	O ₂			20'	O ₂	40'	Nx50 lub AIR
9m	4'	Nx50	+	4' AIR	12'	AIR	4'	Nx50
12m	2'	Nx50			10'	AIR	2'	Nx50
15m	2'	Nx50			8'	AIR	2'	Nx50
18m	6'	Nx50			6'	AIR	6'	Nx50
21m	6'	Nx50			4'	AIR	6'	Nx50

**Nurkowanie 60'/30m na powietrzu,
z Nx50 i O₂ do dekompresji.**

$$PP = \frac{\bar{D}}{2} = \frac{30m}{2} = 15m$$

$$Ratio_{30m}^{A2} = Ratio_{24m}^{A2} + 2 \times 0.05 = 0.20 + 0.10 = 0.30$$

$$O_2T = Ratio_{30m}^{A2} \times BT = 0.3 \times 60' = 18'$$

$$Nx50T = \frac{3}{5} \times O_2T = 11'$$

Profil podstawowy				Utrata Nx50		Utrata O ₂	
6m	18'	O ₂		18'	O ₂	36'	Nx50 lub AIR
9m	2'	Nx50	+	2' AIR	12'	AIR	2' Nx50
12m	1'	Nx50			8'	AIR	1' Nx50
15m	1'	Nx50			4'	AIR	1' Nx50
18m	3'	Nx50					3' Nx50
21m	4'	Nx50					4' Nx50

**Nurkowanie na 50'/40m na Nx28
z Nx50 i O₂ do dekompresji:**

$$FGo = 1 - 28\% = 0.72$$

$$PGo = FGo \times P = 0.72 \times 5 = 3.6bar$$

$$Pt_5Go = PGo$$

$$PMPD = (Pt_5Go - P_0) \times 10 \frac{m}{bar} = (3.6bar - 1bar) \times 10 \frac{m}{bar} = 26m$$

$$PP = PMPD - KP = 26m - 8m = 18m$$

$$EAD = \frac{FGo}{0.79} \times P = \frac{0.72}{0.79} \times 5bar = 4.6bar \approx 36m$$

$$Ratio_{36m}^{A2} = Ratio_{24m}^{A2} + 4 \times 0.05 = 0.2 + 0.2 = 0.4$$

$$O_2T = Ratio_{36m}^{A2} \times BT = 0.4 \times 50' = 20'$$

$$Nx50T = \frac{4}{5} O_2T = \frac{4}{5} \times 20' = 16'$$

Czyli otrzymujemy profil:

Profil podstawowy				Utrata Nx50		Utrata O ₂	
6m	20'	O ₂		20'	O ₂	40'	Nx50 lub Nx28
9m	3'	Nx50	+	3' Nx28	12'	Nx28	3' Nx50
12m	2'	Nx50			10'	Nx28	2' Nx50
15m	2'	Nx50			6'	Nx28	2' Nx50
18m	4'	Nx50			4'	Nx28	4' Nx50
21m	5'	Nx50					5' Nx50