

BADANIA NAD NURKOWANIAMi SATUROWANYMI W POLSCE I ICH WDRAŻANIE. CZĘŚĆ I. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BADAŃ NAD NURKOWANIAMi SATUROWANYMI W NASZYM KRAJU. CZASY PIONIERSKIE. LATA 1967- 1985

Stanisław Skrzyński

Katedra Technologii Prac Podwodnych, Akademii Marynarki Wojennej

STRESZCZENIE

Artykuł jest pierwszym z cyklu artykułów dotyczących badań i wdrażania technologii nurkowań saturowanych w naszym kraju. Przedstawiono w nim polską specyfikę i osiągnięcia na tle uwarunkowań gospodarczych i historycznych w tej dziedzinie. W związku z tym, że historia badań i wdrażania technologii nurkowań saturowanych w naszym kraju ma ponad półwieczną historię, przypomniano w artykule wybranych animatorów, bohaterów tego okresu z których kilku zniknęło w mrokach dziejów. W specjalistycznej literaturze światowej w pierwszej 6-ce krajów, które badały i wdrażały, tą będącą „high technology” technologicie znajduje się Polska. W I części artykułu autor opisuje polskie konstrukcje habitatów typu Meduza i Geonur i ich zastosowanie do prac podwodnych na polskim szelfie i akwenach przybrzeżnych. Mimo wielkiego postępu w dziedzinie medycyny i techniki oraz organizacji problemy nurkowań saturowanych mimo upływającego czasu wciąż są aktualne, gdyż są to nurkowania najtrudniejsze z punktu widzenia organizacji, fizjologii podwodnej i techniki zabezpieczającej.

Słowa kluczowe: pionierskie wdrożenia nurkowań saturowanych, medyczne i techniczne problemy dekompresji nurków, badania walidacja table dekompresyjnych, nurkowania saturowane, parametry nurkowania saturowanego, prace podwodne, system nurkowy, nurkowania saturowane, dekompresja nurków podwodny habitat, tabele dekompresji.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 78 Issue 1 pp. 65 – 86

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2022-0005

Strony: 22, rysunki: 3, tabele: 4

page **www of the periodical:** www.phr.net.pl

Typ artykułu: oryginalny

Termin nadesłania: 13.05.2021 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 14.06.2021 r.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



WSTĘP

POLSKA W GRONIE PIONIERÓW NURKOWAŃ SATUROWANYCH NA ŚWIECIE

W krajach eksploatujących offshore za umowny okres wdrażania nurkowań satutowanych dla celów komercyjnych należy przyjąć zakres od 1960 do 1980 roku (USA, Wielka Brytania i Francja). Polska zapisała się w światowej historii jako jedno z pierwszych państw realizujących nurkowania satutowane. Wg źródeł pochodzących z państw europejskich, Zachodnich i Wschodnich, nurkowania w Meduzach mieszczą się w pierwszej dwudziestce eksperymentalnych nurkowań na świecie. Na listach prowadzonych w latach 60-tych ubiegłego wieku Polska znajduje się na miejscu 16-tym.

Nurkowania satutowane z użyciem MEDUZA I rozpoczęły się równolegle z badaniami prowadzonymi w innych miejscach [1,2]. W większości krajów na świecie badaniami nad nurkowaniem satutowanymi zajmowały się specjalnie do tego powołane ośrodki badawcze pracujące dla obronności i na rzecz przemysłu offshore.

Jednak w tym czasie w Polsce nie było placówek, które podjęłyby się prowadzenia takich badań, mimo istniejącego zapotrzebowania gospodarki morskiej zainteresowanej poszukiwaniem i pozyskiwaniem surowców z dna morskiego, oraz wydobywaniem wraków nie tylko na terenie Polski. Pierwsze eksperymenty w tej dziedzinie w naszym kraju prowadziła grupa entuzjastów z klubu płetwonurków GKP „POSEJDON” wspartych kadrą inżynierską z przedsiębiorstw usług podwodnych, jakim były PRCiP (Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych) i przez lekarzy należących do Polskiego Ratownictwa Okrętowego.

W latach 70-tych i 80-tych trendem badawczym była ocena zasobów surowców mineralnych oraz opracowywanie metod wydobywczych tych surowców ze strefy przybrzeżnej i szelfu morskiego. Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi podjęło tematykę badań batynautycznych, powołując w tym celu zespół przy Oddziale Pomorskim Towarzystwa. Plonem pracy tego Zespołu są konstrukcje batynautyczne (zaprojektowane i wybudowane) GEONUR I i GEONUR II.

Konstrukcje te pozwoliły na rozwiązanie pewnych istotnych problemów fizjologicznych i technicznych występujących podczas prowadzenia badań toni morskiej i dna morskiego.

Bez wątplenia pierwsze eksperymenty nurkowań satutowanych oparte były na entuzjazmie grupy pasjonatów którym przewodził Antoni Dębski, uważany przez wielu za ojca polskiej batynautyki. Jest to tym bardziej godne uwagi, że był on jedynie technikiem i samoukiem. Jego wiedza i umiejętności wynikały z niebywałej pasji, tzw. „nosa technicznego” i zaangażowania. Większość rozwiązań i urządzeń podwodnych używanych w latach 70-tych i 80-tych przez polską gospodarkę morską, było zaprojektowanych i wykonanych przez Stocznnię Gdynia. Zacytuję głównego twórcę powyższych: „było to wybijanie dziury głową w murze przyzwyczajeni i nawyków”. Myślenie było proste - skoro nurek ma być dłużej pod wodą to trzeba stworzyć mu warunki bytowe trochę lepsze niż dobrze ocieplany skafander. Tak oto powstała kabina „Meduza”. Było w tym trochę i patriotyzmu, jako że „Polacy nie gęsi” no i chęci przygody oraz wyjścia w nieznanne. Historia polskiej Historii polskiej batynautyki rozpoczyna się od 1967 roku, w którym została wybudowana metodami prawie że chałupniczym podwodna nasza pierwsza kabina nurkowa”[3].

W Polsce starano się udowodnić, że swoją kreatywność i inwencją rozwiążemy każdy problem w nurkowaniu, podobnie francuzi, tylko z tą różnicą, że we Francji na pewnym etapie włączyło się państwo i bogate przedsiębiorstwa. Wszystkie nowatorskie rozwiązania i pomysły, wymagające przetestowania i zbadania entuzjastów i pasjonatów przedsięwzięcia testowali na sobie. Tak było z badaniem wpływu na organizm nurka długotrwałego przebywania na małych głębokościach i oddychania sprężonym powietrzem. Nikt w Polsce nigdy wcześniej tego nie sprawdzał, a i wiatowe do wiadczenia były w tej dziedzinie w początkowej fazie. Wielu „mądrych” w tym czasie twierdziło, że A. Dębski narażał w ten sposób życie nie tylko swoje, ale i kolegów. Dzięki niespotykanemu darowi przekonywania i gromadzenia pasjonatów w łowców przygód oraz ludzi z przemysłu morskiego realizowano przedsięwzięcia mające na celu przedłużenie czasu pracy nurków, tak potrzebne w gospodarce morskiej.

Powstały specjalistyczne tabele dekompresyjne, pozwalające w bezpieczny sposób z nich korzystać, mimo że wielu uczonych i specjalistów zajmujących się tematyką nurkowań wyrażało swoją dezaprobatę. Pierwsze tabele dekompresji dla programu MEDUZA na podstawie skąpych informacji ze świata opracował A. Dębski wraz z zespołem. Wspierali się oni tabelami US Navy dla czasów awaryjnych 6 godzinnego przebywania nurków pod ciśnieniem, wyrzutowymi informacjami z Francji a nawet metodyką obliczania tabel czeskiej firmy Aqua Cetrum. W przypadku programów GEONUR I pracowano na tabelach opracowanych dla MEDUZY II oraz tabelach opracowanych przez Centralny Instytut Ochrony Pracy [4,5].

MEDUZA I

Wszystko zaczęło się od lektury doniesień prasowych, jakoby Francuzcy pionierzy nurkowania swobodnego – Jacques Cousteau i przyjaciele, ulegając urokowi podwodnego świata zaczęli marzyć o „homoaquaticus”, a więc podwodnym życiu człowieka. W ten sposób powstał ich „podwodny dom”, czyli taki, swego rodzaju podwodny dzwon o nazwie „Diogenes”. Kilku płetwonurków spędziło w nim kilka dni na głębokości 16 metrów. Opisem francuskich eksperymentów zainteresował się niezmiernie Antoni Dębski, technik mechanik, absolwent Gdynskiej Szkoły Rybołówstwa Morskiego, pracownik Stoczni im. Komuny Paryskiej, członek Gdynskiego Klubu Płetwonurków w „Posejdon”.

W jego głowie powstał pomysł budowy miniaturowej „Diogenesa”. Pomysłem zaraził mgr inż. Chemika Aleksandra Lassaud’a. Poczynaniom entuzjastów przyglądał się instruktor nurkowania, mgr inż. hydrotechnik pracujący w Przedsiębiorstwie Robót Czerpalnych. Uznał, że pomysł kabiny MEDUZA może znaleźć praktyczne zastosowanie w pracach podwodnych PRCiP prowadzonych na znacznych głębokościach w górskich hydroelektrowniach. – Dla eksperymentu MEDUZA I twórcy pozyskali grupę ludzi co prawda nie będących naukowcami, lecz wręcz palących się do pomocy przy projekcie. Niestety także nie posiadali oni odpowiedniego przygotowania oraz zabezpieczenia technicznego. Powód był prosty. Ludzie mający wówczas środki tj. wiedzę, laboratoria, zabezpieczenie technicznosprzętowe itp. Byli obwarowani

przepisami i ograniczeniami organizacyjnymi. Co więcej, wyznawali oni podejście zachowawcze i nie chcieli wplątać się w „afere”. Natomiast grupa stosunkowo młodych zapaleńców chciała działać, chciała ryzykować.

Budowy MEDUZY podjęło się przedsiębiorstwo PRCiP, natomiast kabinę wybudowała w Stoczni im. Komuny Paryskiej w Gdyni z materiałów odpadowych i po godzinach pracy grupa pletwonurków Zakładowego Oddziału Samoobrony. Projekt opracował zespół w którego skład wchodził: technik Antoni Dębski, mgr inż. Jerzy Kuliński, mgr inż. Aleksander Lassaud. Tak oto sposobem prawie że chałupniczym została wybudowana podwodna kabina nurkowa wykorzystująca sprężone powietrze jako czynnik oddechowy [6]. Przy projekcie MEDUZY i jego praktycznej realizacji trzeba było odrzucić możliwość korzystania ze statku bazy, podobnie jak urządzeń dźwigowych, a tym samym zrezygnować z większych gabarytów. MEDUZA była „kabiną rozbieralną”, którą dało się przewieźć ciężarówką z możliwością montażu ręcznego bezpośrednio na jeziorze [7]. Najważniejsza w tych warunkach stała się możliwość samodzielnego zanurzenia i dowolnej zmiany głębokości regulowanej przez załogę kabiny. Problem ten rozwiązano za pomocą balastu dennego połączonego liną stalową z wciągarką umieszczoną w kabinie. System ten pozwalał na dowolne przeprowadzenie dekompresji w końcowej fazie zanurzenia.

Oto niektóre dane techniczne kabiny:

- Wyporność - 3750 dcm³- przy ciężarze – 2950 kG- ciężar balastu dennego 1300 kG.
- Gabaryty - długość - 220 cm – wysokość - 210 cm.
- Zapas sprężonego powietrza - 24 butle o pojemności wodnej 40 l i 150 atm, w tym 6 butli z 37% zawartością tlenu mieszaniną dekompresyjną i 2 butle z tlenem.
- Urządzenia utrzymania parametrów atmosfery - grzejnik 200W, - pochłaniacz CO z dmuchawą,- analizatory gazu.
- Wyposażenie: Telefon przewodowy,- koje do wypoczynku. Wciągarka kabiny napęd ręczny regulowany przez nurków. Zasilanie z lądu 24V z prostownika 400W [6].

Konstrukcja Meduzy zapewniała pierwszym polskim akwanautom warunki delikatnie mówiąc spartańskie. Tzw. habitabilność kabiny odpowiadała habitabilności średniej wielkości dzwonu nurkowego. Jak twierdzili oponenci tego eksperymentu, wykonawcy nie spełnili minimalnych warunków komfortu pracy nurka.

Z perspektywy czasu warunki dla nurków faktycznie były niezgodne z obowiązującymi wówczas kanonami. W powodzenie tego eksperymentu wierzyli za to jego uczestnicy, jak i wspierające ich „szaleńczą wyprawę” media.

Kabina MEDUZ zanurzyła się samodzielnie po raz pierwszy na Jeziorze Kłodno 14 lipca 1967 r. o godz. 13:00, natomiast o godz. 18:00 - osiągnięto głębokość 17 m. Na tej głębokości przebywała do godziny 04:00, by następnego dnia o godz. 05:00 rano osiągnąć głębokość 24 m. Głębokość do dna jeziora wynosiła 38 m. Na głębokości 24 m. kabina wraz z załogą (Antoni Dębski i Aleksander Lassaud) przebywała do dnia 17 lipca 1967 r. do godziny 20:00. Od tego czasu rozpoczęto dekompresję skokową. Wynurzenie i wyjście załogi z kabiny nastąpiło o godzinie 13-tej w dniu 18 lipca 1967 r. [7,8]. Podczas pobytu akwanci odczuwali zimno, w kabinie było prawie 100% wilgotność. Posiłki i konieczne materiały donosili im pletwonurkowie [7]. Wartym odnotowania jest fakt, e w czasie pobytu na 24 m. załoga obniżyła zawartość procentową tlenu do 10%, a przed rozpoczęciem dekompresji podwyższyła do 14% tlenu.

W końcowej fazie dekompresji od głębokości 9 m uywano nitroksu o zawartości 37% tlenu. Dane dotyczące dekompresji i pobytu na głębokości 24 m przez 79 godzin plus 17-godzinną dekompresję potwierdzają dokumenty z tego eksperymentu [7,8,9].

Natomiast źródła zagraniczne [10] wyprawę opisują następująco: „Misja planowana pierwotnie na 7 dni została skrócona z powodu problemów z izolacją i niektórymi elementami wyposażenia. Wystąpił również problem z wciągarką podczas zanurzenia, co spowodowało zatrzymanie habitatów na głębokości 24 m.

Była to głębokość plateau saturacji zanurzenia trwającego 95 godzin. Dekompresja została osiągnięta poprzez bardzo stopniowe wynurzenie w czasie 53 godzin i 35 minut”. Dane te kolidują z danymi podanymi przez zespół.

Zabezpieczenie medyczne zapewniał lekarze z Instytutu Medycyny Morskiej. Stan psychofizyczny i zdrowotny akwautów po nurkowaniu był dobry [4,7]. Z wspomnień A. Dębskiego i rozmów przeprowadzonych z nim oraz z pozostałymi członkami zespołu autor wyciągnął wniosek, iż przebieg tego nurkowania był bardzo dramatyczny. Dla zabezpieczenia życia i zadanych parametrów pobytu atmosfery technicznie eksperyment realizowano w sposób podobny do pobytu w komorze, poprzez wentylację i wykorzystanie elektrycznego pochłaniacza, który w fazie dekompresji odmówił posłuszeństwa ze względu na nasycenie sorbentu. Temperatura w kabinie była bliska temperaturze otoczenia a nurkowie ogrzewali się w sposób naturalny, co przy wilgotności sięgającej 100% nie zapewniało wystarczającego komfortu cieplnego.

Akwanci sami obsługiwali czynności mające na celu utrzymanie założonych parametrów atmosfery. Wykonywali pomiary zawartości tlenu wykorzystując aparat Orsata, który w warunkach panującego w kabinie ciśnienia był niedokładny (zasada pracy na podstawie chłonności chemicznej). Skład atmosfery regulowano naturalnie [7].

Obniżenie zawartości tlenu oparte było o zużycie naturalne akwautów, z przestrzeni, co było pozytywne z punktu widzenia dekompresji. Skład atmosfery był zmienny, gdyż podstawą podtrzymania życia była wentylacja powietrzem z powierzchni, bardzo skąpa na skutek awarii i nieprawidłowej pracy sprężarki, oraz z zapasów butli powietrza umieszczonych na Meduzie.

Zapas powietrza z butli stale się zmniejszał na skutek szczelności. MEDUZA posiadała wiele szczelności a zmiana objętości poduszki powietrznej na skutek ubytku powietrza spowodowała opadnięcie na dno podczas dekompresji. Pływalność została przywrócona przy dużym wysiłku i stresie załogi, gdyż istniała obawa wypłynięcia na powierzchnie lub zaplątania liny i braku możliwości powrotu do wymaganego położenia w toni wodnej.

Realizacja dekompresji obliczonej przez samych akwautów przewidywała przystanki dekompresyjne co 3 m, (począwszy od 21m) i czasie trwania 55 minut. Na 9 metrach po 2 godzinach 50' miało nastąpić przejście na mieszaninę nitroksową o zawartości tlenu 37% podawaną z butli do kabiny. Taka operacja podnosiła zawartość tlenu do 28-33% w atmosferze. Po 8 godzinach dekompresji na 6-u metrach załoga oddychała tlenem bezpośrednio z butli, podawanym przy użyciu wężyka w okolicy ust.

Atmosfera w przerwach tlenowych zawierała podwyższoną zawartość tlenu, by na stacji 3 m przejść na oddychanie tylko powietrzem. Takie warunki poprawiały jakość dekompresji, ale równocześnie wprowadzały zagrożenie toksyczności tlenowej [5,7,8].

Pożywienie dla akwonautów donosili pletwonurkowie dyżurni w szczelnych „bańkach” tak, że podczas tej operacji gorący posiłek stygł. Napoje gorące podawane w termosach były radością uczestników eksperymentu.

Po eksperymencie opinia naukowa i publiczna podzieliła się na dwie radykalne grupy ostro krytykujących i wspierających przedsięwzięcie. Najlepszą prasę miał eksperyment w literaturze i praise zagranicznej. Osobiście uważam, że nie należało się obrażać na entuzjastów, lecz miast tego wykorzystać ich doświadczenie do działań w warunkach ekstremalnych i uznać ich wkład w tą wtedy ledwo raczkującą dziedzinę batynautyki jaką jest nurkowanie saturowane. Wielu znawców przedmiotu oburzało się na poczynania realizatorów tego eksperymentu zarzucając im niezajomość przedmiotu i brak odpowiedzialności.

Wyrażali też oburzenie brakiem reakcji Państwa na ich działania. Większość tych uwag dotyczyła reakcji po eksperymencie i po nagłośnieniu go przez prasę. Eksperyment, jak mówili oponenci z tzw. „branży” odbył się na poziomie klubowym, przy udziale nieświadomych profesjonalnych lekarzy. Istniała też druga strona medalu, która pomijając sensacyjny wątek tej sprawy nagradzała realizatorów wieloma nagrodami za inwencje i kreatywność. Przykładem tuaj niech będzie nagroda Naczelnej Organizacji Technicznej.

Mimo tak „prymitywnych” i trudnych warunków, realizacji oraz niedoskonałości z punktu widzenia metodyki badań naukowych MEDUZA I pokazała ludziom przemysłu i nauki zajmującymi się pozyskiwaniem bogactw z morza oraz budującym obiekty w środowisku wodnym, nowe doskonalsze narzędzie, dające szersze możliwości badań w tej dziedzinie. Tak oto wbrew piętrzącym się przeciwnościom podczas realizacji projektu MEDUZY I pasja i wyobraźnia sprawiły, iż nasz kraj zapisał się w światowej czołówce w dziedzinie rozwiązywania problemu długotrwałego przebywania człowieka w warunkach podwyższonego ciśnienia.

MEDUZA II

Następny etap zwany MEDUZA II został rozpoczęty tuż po zakończeniu eksperymentu z MEDUZĄ I. Budowy podjęło się Przedsiębiorstwo Robót Czerpalnych i Podwodnych w Gdańsku. Z rozpoznania rynku potrzeb wynikało, że istnieje możliwość praktycznego zastosowania tego typu urządzeń w różnych rodzajach długotrwałych prac podwodnych, tak na morzu jak i na Śródlądziu. W związku z tym konstruktorzy, (z A. Dębskim ponownie na czele) zaprojektowali podwodny habitat o większej objętości i z większym komfortem socjalnym przeznaczony dla 3-ch nurków.

Kadłub MEDUZY II była to konstrukcja spawana z blachy stalowej o grubości 5 i 8 mm. Długość 3,6 m szerokość 2,20 m, wysokość wewnętrzna 1,8 m.

Wyporność – Ciężar – Ciężar z balastem - Objętość
3750 dcm³ - 2950 kg - 8000 kg - 9 m³

Objętość przedziału Meduzy mieściła się w objętościach dzwonów nurkowych stosowanych w systemach nurkowych do nurkowań głębokich i saturowanych.

Część ciśnieniowa była podzielona na dwie sekcje, jedną do wypoczynku (w tym celu wyposażono przedział w koje oraz muszlę toaletową), drugą do pracy (gdzie znajdował się system komunikacji i wciągarka linowa). Cechą wyróżniającą konstrukcję było umożliwienie korzystania z niej także nurkom klasycznym.

Opracowany przez realizatorów program tygodniowego zanurzenia na głębokości 24m napotkał na wiele trudności natury prawnej. Sam projekt kabiny podwodnej, „zanurzalny habitat” jak go wtedy nazywano, został oceniany przez kilkunastoosobowy zespół z Instytutu Morskiego w Gdańsku. Program zanurzenia nie został nigdy formalnie zatwierdzony ani zaopiniowany. Jedynym dowodem „przychylniej opinii” ze strony Instytutu Medycyny Morskiej była taśma z nagraniem rozmowy z dr L. Łabą dotyczącej planowanej dekompresji.

Po pokonaniu wielu trudności natury prawnej, organizacyjnej oraz przekonaniu otoczenia i sponsorów, dnia 9 listopada 1968r. o godzinie 1830 MEDUZA II rozpoczęła zanurzenie w rejonie redy portu na Helu. Zanurzeniu asystował statek ratowniczy PRO KORAL, z którego podawano energię elektryczną, sprężone powietrze oraz przesyłano ciepłe posiłki dla załogi kabiny w specjalnych pojemnikach. MEDUZA II była większa w porównaniu z MEDUZĄ I, miała pojemność 9,4 m, co wystarczało do stworzenia w miarę znośnych, ale wciąż nie komfortowych warunków życia dla trzyosobowej załogi. Habitat posiadał elektryczne ogrzewanie i oświetlenie, dwie klasyczne koje i jedna rozkładana, urządzenia sanitarne i system podtrzymywania życia zdolny do samodzielnego utrzymania trzech akwonautów przez 50 godzin. Balast w MEDUZIE obsługiwała wciągarka linowa o uciążu 1,5 t z podczepionym do liny balastem dennym.

Wciągarkę uruchamiano za pomocą dźwigni operowanej przez załogę wewnątrz kabiny, co umożliwiało samodzielne zanurzenie i dowolną zmianę głębokości. Było to istotne przy ustawianiu habitatu na głębokości pożądanej dla dekompresji. Wyposażenie elektryczne przedziału mieszkalnego zawierało grzejnik 200 W, pochłaniacz dwutlenku węgla z wentylatorem 60 W i oświetlenie 25 W. Habitat posiadał także baterie akumulatorów dla celów awaryjnych. Łączność z bazą habitatu utrzymywano przy pomocy łączności przewodowej i hydroakustycznej. Powietrze i energia elektryczna dostarczane były ze statku zabezpieczającego.

Zasilanie elektryczne z bazy wymagało napięcia 24 V z prostownika 400. Przedział mieszkalny wyposażony był w proste przyrządy do pomiaru parametrów atmosfery, zawartości dwutlenku węgla i tlenu (rurki wskaźnikowe) oraz higrometr i termometr [7,8].

Poza tym MEDUZA II posiadała swój własny zapas sprężonego powietrza w postaci 4 butli o pojemności wodnej 40dm³ (150 atm) oraz osobne 2 butle z tlenem przewidzianym na okres końcowej fazy dekompresji. System regeneracji atmosfery opierał się na wewnętrznej regeneracji (pochłaniacz CO₂) i wentylacji powietrzem. Jak podkreśla literatura zagraniczna „regeneracja atmosfery musiała by bardzo wydajna, ponieważ jeden z akwonaut w palił w przedziale mieszkalnym przez cały okres 7-dniowej misji”. Warunki panujące w przedziale mieszkalnym. MEDUZY II charakteryzowały

się niską temperaturą (około 17°C), przy wilgotności względnej 90-95%, co czyniło atmosferę mało komfortową. Zanurzenie MEDUZY na głębokość 26m przy użyciu tylko sprężonego powietrza było za głębokie ze względu na przekroczenie dopuszczalnego ciśnienia parcjalnego tlenu. W eksperymencie stosowano naturalne obniżanie tego ciśnienia, poprzez zmniejszanie jego koncentracji wskutek zużywania tlenu przez akwanautów.

W pierwszym okresie załogę stanowili Antoni Dębski i Jerzy Kuliński. Następnego dnia o godzinie 11:00 na głębokości 16 m dołączył nurek zawodowy Bogdan Bełdowski w sprzęcie klasycznym. Na tej głębokości spędzono noc ze względu na awarię wciągarek. Głębokość 24 m osiągnięto dopiero 10 listopada o godzinie 15:15.

Głębokość akwenu w miejscu posadowienia balastu dennego wynosiła 45 m. Wrak okrętu który planowo mieli eksplorować akwanci znajdował się około 60 m od balastu dennego, a głębokość przy wraku wynosiła 50 m.

Wielokrotnie wychodzono z MEDUZY II na penetrację i badanie dna oraz w celu filmowania wraku. Misje na penetrację dna i na wrak odbywały się bez potrzeby dekompresji, lecz planowany 4 godzinny pobyt nurków w toni wodnej musiał być skrócony do około 1,5-2 godz. ze względu na słabe własności izolacyjne skafandrów nurkowych [7].

Po 159 godzinach pobytu pod wodą (w tym 22,5 godziny dekompresji) kabina MEDUZA II wynurzyła się na powierzchnię o godzinie 09:00 16 listopada 1968 r. Dekompresja odbywała się na stacjach co trzy metry, a dłuższe przystanki z tlenem odbywały się na głębokościach 9 m, 6 m i 3 m (w sumie 22 godziny).

Tabele opracowane były przez zespół autorski mgr inż Aleksander Lassaud przy współpracy Dębskiego oraz lek. med. Stanisława Korzeniowskiego jako ekstrapolacja danych z nurkowych tabel dekompresyjnych.

W ekipie akwanautów znajdował się wyżej już wspomniany nurek zawodowy, pracownik Polskiego Ratownictwa Okrętowego. Podczas dekompresji lekarz tej firmy zażądał, by B. Bełdowski został wysłuzowany, ubrany w sprzęt klasyczny i dekompresowany według dekompresji firmowej w wodzie. Jak ta dekompresja miała wyglądać w praktyce jest wiele teorii. Wykonawcy odrzucili tę sugestię. Po dłuższych sporach realizowano dekompresje wg wcześniej przyjętego sposobu [7].

Ekipa nurków asekuracyjnych na pokładzie KORALA pełniła także funkcje zabezpieczenia technicznego i logistycznego. Do jej obowiązków należało dostarczanie posiłków, filmowanie od zewnątrz oraz usuwanie usterek technicznych. Pożywienie dla akwanautów i tym razem donosili płetwonurkowie dyżurni w szczelnych pojemnikach. Podobnie jak podczas eksperymentu z MEDUZA I, podczas tej operacji gorący posiłek stygł. I po raz kolejny napoje gorące podawane w termosach były radością uczestników eksperymentu.

Lekarzem ekipy był dr Stanisław Korzeniowski. Na czas wynurzenia przybył również dr L. Łaba lekarz nurkowy Polskiego Ratownictwa Okrętowego. W informacjach historyków nurkowania ten 7-mio dniowy eksperyment odbył się na głębokości 85,3 stóp (26 m) W czasie jego trwania trzyosobowa załoga pracowała na wraku przez 4 godziny, każdego dnia na głębokości 164 stóp (50 m). Co ciekawe, ten czas zejścia odpowiada dokładnie zmodyfikowanym czasem zejścia NOAA-OPS opisanym w rozdziale 8 i zawartym w Miller (1979). Projekt MEDUZA II był sponsorowany przez PRCIP i stanowi jedną z najwcześniejszych misji roboczych wykorzystujących nurkowanie saturowane.

Czas dekompresji na zakończenie misji wyniósł 22 godziny, czyli mniej niż połowę czasu wymaganego w przypadku MEDUZY I, gdzie głębokość plateau saturacji była w rzeczywistości o 2 m (6,6 stopy) większa. Siedlisko MEDUZY II zostało prawdopodobnie wykorzystane do innych projektów roboczych w ciągu następnego pięciu lat [1].

Po reklamie, jaką miała MEDUZA II posypały się zagraniczne oferty, które zgaszono barierami administracyjnymi. Po tym eksperymencie rozpoczęły się dyskusje: jak usprawnić MEDUZĘ II tak, by mogła mieć praktyczne zastosowanie przy pobieraniu próbek i badaniu gruntu, jak i by zapewnić bezpieczeństwo nurkom. Wśród problemów w podnoszonych przez oponentów w głównych zarzutami było odejście od tzw. dobrej praktyki nurkowej, brak metodyki badań dekompresji, oraz ogólnie podstaw formalnych działaniu nurkowania saturowanego. W problemy te zaangażowały się wszystkie instytucje państwowe zajmujące się gospodarką morską oraz wiodące przedsiębiorstwa usług podwodnych. Pomimo dobrych wyników w opisanego eksperymentu i zainteresowania nimi nie tylko w kraju MEDUZA II nie od razu znalazła zastosowanie praktyczne. Praca MEDUZY II pokazała wiele aspektów w podwodnej pracy długotrwałej, takich jak wielogodzinna praca nurków w toni wodnej, przystosowanie konstrukcyjne podwodnego habitatu do prac badawczych a szczególnie pobierania próbek (wiercenie podwodne), odizolowanie przedziału w mieszkalnych habitatu od wpływu falowania, szczególnie na małych głębokościach, określenie autonomizacji w przypadku, gdy baza nawodna zabezpieczająca nie ma możliwości stabilnego postoju nad miejscem zabezpieczenia. Również ważnym było opracowanie formalne wymagania technicznego i organizacyjnego w wyposażenie i urządzenia podstawowe oraz awaryjne, pomiarowe a także zagadnienia autonomizacji. Firmy do wykorzystania MEDUZY II żądały pełnej dokumentacji i zatwierdzonych metod nurkowania. Dlatego też następne użycie MEDUZY II nastąpiło w 1972 r. na żądanie nowego właściciela OBRBWI „Hydrobudowa”, w jeziorze Ostrzyckim.

Rezultatem tych prób była modernizacja w celu dostosowania przedziału mieszkalnego do prac i badań geologicznych, w tym przystosowania do prac na otwartym morzu w warunkach dużego i częstego falowania, grożącego zalewaniem przy otwartym górnym włazie. Równoległe próby wykonywane zalecenia techniczne i organizacyjne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy podczas nurkowania jak to nazywano w „kabinie nurkowej”.

Głównymi zmianami w konstrukcji MEDUZY II były:

- zmiana kształtu przedziału i balastu dla uproszczenia obsługi i cech manewrowych,
- wyposażenia kabiny w górny właz i dolny właz oraz nową wciągarkę,
- podzielenie na dwie części, przedział mieszkalny i roboczy,
- zmiana podłączenia zbiornika balastowego,
- zamontowano: reflektor 100 W,
- zamontowano hak holowniczy,
- wyposażenie kadłuba zewnętrznego w barierki i trap zejściowy,
- przystosowanie do korzystania przez nurków klasycznych.

Zalecenia bezpieczeństwa przygotował uczestnik tych prób lek. med. Krzysztof Kuszewski, instruktor nurkowania amatorskiego.

Był to pierwszy dokument normujący polskie doświadczenia z habitatem uwzględniający tzw. Dobrą praktykę nurkową. Wiele wymagań opracowywano od zera [6]. Wybrane zalecenia punktów powyższych założeń (pisownia oryginalna) to:

1. Kabina może być używana do prac podwodnych przy maksymalnej głębokości zanurzenia 25 m. Nurkowie mogą wykonywać prace do głębokości 40 m.
2. Zasilanie podczas normalnej pracy następuje sprężonym powietrzem z pokładu statku bazy:
 - a. powietrze to odpowiadać musi normom powietrza nurkowego,
 - b. istnieć musi możliwość podłączenia w razie awarii sprężarki zapasowej,
 - c. wentylacja kabiny musi być taka, aby skład powietrza nie różnił się od normy,
3. Między bazą a kabiną musi być utrzymywana łączność za pomocą radiotelefonu, telefonu nurkowego oraz awaryjnie telefonu typu wojskowego.
4. Przyrządy kontrolne kabiny muszą pozwalać na pomiar następujących wartości: ciśnienia wewnątrz kabiny, głębokości zanurzenia, poziomu CO₂ w kabinie, poziomu CO w kabinie wilgotności, temperatury, czasu, kontrola ciśnienia w kabinie musi być możliwa również z bazy.
5. Urządzenie ustalające głębokość zanurzenia kabiny musi mieć dodatkowe wyposażenie w razie awarii (druga wciągarka).
6. W zabezpieczenie nurkowania,
 - Posiadać sprężarkę do napełniania aparatów nurkowych oraz 10 aparatów.
 - Komora musi mieć możliwość zasilania tlenem.
 - Posiadać baterię 10 butli 40-litrowych ze sprężonym powietrzem oraz 2 butle 40-litr z tlenem medycznym.
 - Baza posiadać musi inhalator tlenowy, który nadawać się musi do transportu chorego nurka.
 - W miarę możliwości baza powinna być wyposażona w komorę dekompresyjną transportową.
7. Praca załogi kabiny wynosi 8 godzin dziennie wraz z przygotowaniem. Jednorazowe opuszczenie kabiny nie może być dłuższe niż 90 minut.
8. Pełnione są 4 godzinne wachty w kabinie przez całą dobę.
9. Dekompresja załogi odbywać się musi wg ustalonego z góry schematu. Kieruje dekompresją lekarz, którego decyzje są ostateczne. Lekarz obowiązany jest przed rozpoczęciem prac podwodnych ustalić schemat hospitalizacji nurków (miejsce, transport, łączność).

Nurkowania z MEDUZY I i MEDUZY II były z definicji nurkowaniem saturowanymi. Podczas wykorzystania dla celów komercyjnych nurkowania z Meduzy II można nazwać nurkowaniem przejściowymi lub krótkotrwałymi o długim czasie przebywania nurków pod ciśnieniem. Czas ekspozycji na głębokości pracy wynosił kilka godzin (4 do 10). W tym czasie nazywano ten rodzaj nurkowania „nurkowaniem subsaturowanymi”.

Co było przyczyną takiego rozwiązania? W ocenie autora, złożyły się na to następujące czynniki:

- prace badawcze wymagały zmiany położenia habitatu, co z kolei wymagało wynurzenia i przestawienia habitatu. Należy pamiętać, że MEDUZA II położenie swoje w toni opierała o balast regulowany liną łączącą przedziały habitatu,
- warunki pracy i wypoczynku nurków w tym habitacie nie zapewniały im pełnego komfortu - prace przy pobieraniu próbek były pracami męczącymi, co wymagało zmian ekipy,
- brak przekonania do tego typu nurkowań przy równoczesnym zapotrzebowaniu na tak długie prace,
- na małych głębokościach usługa z wykorzystaniem habitatu była nie ekonomiczna.

Habitat MEDUZA II wykorzystano przy budowie Portu Północnego w Gdańsku. Przedsięwzięcie to wymagało pracy nurków na małych głębokościach, do 20m. Prace te dotyczyły pobierania rdzeniowych próbek dna, oraz badania twardości i nośności dna przed utwardzaniem i po utwardzaniu metodą wybuchową. MEDUZA II pracowała również na zlecenie Instytutu Geologicznego w Sopocie na Bałtyku w strefie głębokości do 60 m (w tym czasie ta głębokość była maksymalną do której można było stosować powietrze jako czynnik oddechowy) przy pobieraniu próbek dna mających na celu poszukiwanie rzadkich minerałów [4].



Rys. 1 Meduza II po modernizacji.

GEONUR I 1975-1980

Niedostatki i wady MEDUZY II miała usunąć następną konstrukcja habitatu dla celów wierceń na głębokościach, zaprojektowana i pod auspicjami Polskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk o Ziemi (PTPNoZ). GEONUR został zaprojektowany przez Antoniego Dębskiego i wybudowany w Stoczni im. Komuny Paryskiej w Gdyni na zlecenie wyżej wspomnianej organizacji. W praktyce okazało się, że prace wiertnicze pod wodą można kontynuować tak długo, jak długo statek baza może podawać energię elektryczną. Innymi słowy zależało to od stanu morza, który pozwalał utrzymać się na kotwicy.

Kształt tego habitatu przystosowany był do wierceń metoda udarową i przypominał kształt obudowanej wieży wiertniczej. Powstała więc podwodna wieża wiertnicza, której wysokość wynosiła 8 m, szerokość u podstawy 4,20 m, szerokość komory roboczej 3 m, wyporność całkowita - 33 T, a masa całkowita 24 t.

GEONUR I miał rozwiązać problem wierceń na średnich głębokościach oraz dodatkowo miał służyć do prowadzenia działań ratowniczych, budowlanych i naprawczych, a także do wspierania badań biologicznych, archeologicznych i fizjologicznych.

GEONUR ("nurek geologiczny") czteroosobowy habitat w założeniach powinien być zdolny do kilkudniowego pobytu na głębokości do 164 stóp (50 m). W skład habitatu wchodził przedział roboczy do wierceń, balasty wodne i komora dekompresyjna. Komora dekompresyjna posiadała połączenie dolnym włazem z tonią wodną, górnym włazem z powierzchnią oraz trzecim włazem z szybem wiertniczym. Przy wyszasowanych zbiornikach balastowych na powierzchni wody GEONUR I przyjmował pozycję pochyloną ok. 45°, co ułatwiało holowanie i jednocześnie stanowiło amortyzator holu. Gaz do oddychania dostarczany był ze statku zabezpieczającego, choć habitat zawierał 30-godzinny niezależny system podtrzymywania życia. Łączność utrzymywana była za pomocą telefonu kablowego oraz radiotelefonu poprzez kabel koncentryczny, pławę i antenę.

W czasie prac na morzu statek baza często był zmuszony warunkami sztormowymi do wyrzucenia holu kabli i węży powietrznego na przygotowanym pontonie. W takim wypadku załoga GEONURA I przechodziła na własne zasilanie i po ukończeniu wierceń habitat wynurzany był na powierzchnię morza, utrzymując wewnątrz niezbędne ciśnienie dla danego okresu dekompresji. GEONUR I mógł przeczekać okres sztormu na dnie lub być odholowany do portu i przeprowadzać dekompresję w czasie holowania [11]. Jednym z podstawowych celów jego konstrukcji było uniknięcie wpływu najgroźniejszego czynnika na morzu, czyli falowania, a szczególnie jego wpływu na zmianę ciśnienia w przedziale habitatu. Przy wysokości fali 1 m periodycznie ciśnienie wzrasta i maleje o 0,1bar, co wpływa na ucieczkę atmosfery oraz, co gorsze, niekorzystnie podrażnia błędnik nurka. Zjawisko to wraz ze wzrostem głębokości jest coraz mniej odczuwalne.

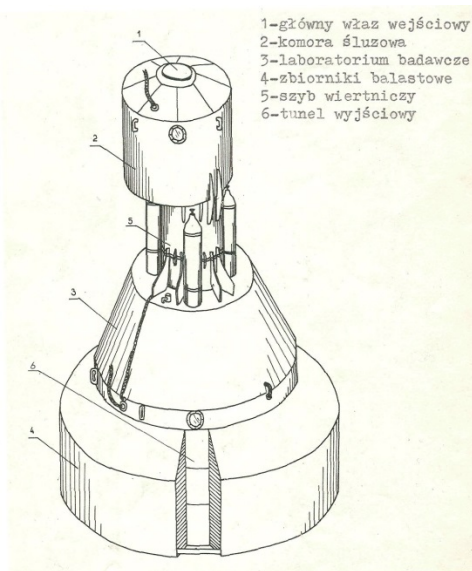
GEONUR I był testowany na morzu przy wietrze o prędkości do 26 węzłów. W czasie jego budowy celem głównie były wiercenia do głębokości 20 - 30 m. poniżej dna. Biorąc pod uwagę rejon południowego Bałtyku i jego prawie ciągle sfalowaną powierzchnię, wszelkie wiercenia z pontonów i pływających jednostek były bardzo drogie i rozciągnięte w czasie wydłużonym oczekiwaniem na dobrą pogodę. Konstruktorzy przewidzieli zanurzenia tego habitatu razem z wiertnią, z całym urządzeniem i postawienie go na dnie.

Czasy pobytu nurków pod wodą były różne, zależnie od struktury dna, co limitowało czas odwiertu. Najkrótsze zanurzenie łącznie z dekompresją trwało 18 godzin. Inne w granicach od 48 do 96 godzin. W 1976 roku GEONUR umożliwił wyprawę do wraku "Wilhelm Gustloff" leżącego na głębokości 46-49, która była rozslawiona przez środki masowego

przekazu (poszukiwanie Bursztynowej Komnaty). Całkowity czas przebywania batynautów w GEONURZE I to blisko 47 godzin, z czego dekompresja zajęła ponad 15 godzin.

W tym czasie stosowano dekompresje wedle table nurkowań subsaturowanych opracowywanych przez A. Dębskiego, oraz przez grono ludzi z zagranicy z wykorzystaniem tabel z użyciem powietrza [11].

Geolodzy określili GEONURA jako „wiertnicę pływającą” której konstrukcja była pierwszym tego typu urządzeniem we wschodniej Europie. Wykonała ona wiele sondowań podwodnych, głównie w portach, stoczniach i na szlakach żeglugowych. GEONUR I zakończył swoje istnienie na wodach Atlantyku przy ujściu rzeki Senegal na trawersie St.Luis, gdzie miał wykonać wiercenia blisko strefy przyboju. Badania te konieczne były do planowanej budowy w tym rejonie portu morskiego. Na skutek błędu statku transportowego GEONUR został wyrzucony przez przybój na brzeg i uszkodzony, w efekcie czego stał się niezdolny do dalszego zastosowania [12].



Rys. 2 Opis funkcjonalny Geonur 1.

GEONUR II 1981- 1984

Zebrane doświadczenia i potrzeby nakazywały wybudowanie urządzenia bardziej uniwersalnego i wieloczynnościowego. Na zlecenie PTPNoZ Stocznia im. Komuny Paryskiej w Gdyni w 1981r zbudowała GEONUR II. Głównym projektantem ponownie był A. Dębski. Projekt zakładał bardzo wszechstronne wykorzystanie batyskafu, np.:

- bezpośrednie obserwacje i badania laboratoryjne pod wodą,
- badania stanu zanieczyszczeń dna i wody na różnych głębokościach,
- wiercenia do głębokości 30 m od poziomu dna,
- prowadzenie prac ratowniczych, montażowych, poszukiwawczych i filmowych pod wodą,
- prowadzenie prac badawczych z zakresu fizjologii nurkowania,
- realizację badań wymagających samodzielnego przesuwanie się w toni wodnej.

Plany przewidywały również, że GEONUR-II będzie służył jako podwodna baza do nurkowania, wiercenia, inspekcji kabli i konstrukcji podwodnych w polskich portach, oraz jako platforma obserwacyjna, z której będzie można zbierać dane o środowisku morskim

GEONUR-II wykorzystywany był także do mapowania przydatnych złóż mineralnych w południowym Bałtyku.

Zakładano, że załoga będzie mogła liczyć do ośmiu osób [4,5].

O przeszkodach, perypetiach i emocjach towarzyszących uruchomieniu i wykorzystaniu GEONURA mogła by powstać nader interesująca książka. Na tej krętej, pełnej barier drodze bohaterami byli oponenci, entuzjaści, agendy państwowe, sponsorzy oraz instytucje nadzorcze. Wynikało to głównie z braku przepisów i przygotowania instytucji nadzorczych oraz ambiwalentnego podejścia ludzi nauki, a także nieprzejednanego, dążącego do celu charakteru głównego konstruktora.

Opływowy kadłub pozwalał GEONUROWI II na opcjonalnie samodzielne pływanie i ułatwiał holowanie.

Dane techniczno-operacyjne GEONURA II. Gabaryty:

- długość 9,65m.
- szerokość 4,4 m.
- wysokość 4,3 m. lub 7,1 m z wiertnią
- wypór całkowity 66,0 - 67,7 m³.
- ciężar bez balastu stałego 21 ton
- zanurzenie 2,0 m.

Dane eksploatacyjne:

- załoga 2 - 8 osób,
- zapas powietrza i tlenu na 150 godz. dla 4-ch osób.
- Planowany był napęd z baterii akumulatorów zapewniająca pracę ciągłą silnika napędowego przez 4 godziny, lecz tego nie zrealizowano z oczywistych względów czasu i braku finansów.

GEONUR II był przygotowany do zainstalowania systemu mieszaninowego dla głębokości poniżej 60m, jako że miał pracować przy układaniu rurciągów na morzach południowych. [8] Cztery zbiorniki trzymające umieszczone w podstawie dodatkowo zwiększające stabilność, gdy habitat jest zakotwiczony do dna morskiego. Posiadał, tak jak okręt podwodny, dwa kadłuby. Jeden mocny ciśnieniowy i jeden lekki, składający się z 4 balastów, których objętość pozwalała na przyjęcie 28 ton wody. Kadłub mocny (ciśnieniowy) był podzielony na część mieszkalną, pomieszczenie dla nurków i komorę dekompresyjną oraz maszynownię, która była przestrzenią roboczą. Posiadał on trzy przedziały, przedział wiertniczy z ruchomym szybem wiertniczym podnoszonym wewnętrznym ciśnieniem oraz wydzielony mały przedział napędu. Obudowany był czterema sekcjami balastu oraz dwoma pływakami stabilizującymi, zamontowanymi po próbach celem poprawienia stateczności. Kadłub posiadał trzy włazy, dolny dla wierceń, wyjście na pokład oraz w szybie. System podtrzymania życia oparty był o własny zapas powietrza oraz ruchome wyposażenie pomiarowe i pochłanicze dwutlenku węgla.

Na pokładzie znajdowały się zapasy wystarczające do utrzymania przy życiu czterech osób przez 7 dni. Po zrealizowaniu prób manewrowych i zanurzeniach pod nadzorem Polskiego Rejestru Statków do głębokości 60 m batyskaf uzyskał kartę bezpieczeństwa z Urzędu Morskiego. Oznaczało to, że GEONUR II został dopuszczony do eksploatacji w połowie 1982 r. Próby batyskafu w morzu zabezpieczał okręt ratowniczy Marynarki Wojennej R-23.

W założeniach Batyskaf GEONUR II był przewidziany jako baza nurkowa do 150m głębokości, oraz jako urządzenie wiertnicze do 80 m po osadzeniu na dnie. Zamianę batyskafu na wiertnicę można było otrzymywać po zdjęciu przykręconej dennicy kiosku i założeniu w to miejsce wysuwanej teleskopowo szybu wiertniczego. Braki finansowe wymusiły oszczędności. Na skutek zapaści gospodarczej kraju i embarga krajów Zachodnich bardzo proste wyposażenie instalacji GEONURA, niekiedy musiało być zdobywane drogą nieformalną. W rzeczywistości na skutek braków finansowych oraz wymagań PTPNoZ przygotowano zapas powietrza do prac na głębokościach 20- 24m przy zabezpieczeniu badań i geologicznej oceny zasobów żwirów na Ławicy Słupskiej. Zadania te polegały na wykonaniu wierceń i poborze próbek z dna, na podstawie których oceniono zasoby żwiru do wykorzystania przemysłowego w budownictwie w ramach rządowego programu aktywizacji polskiego Wybrzeża.



Rys. 3 GEONURII na stoczni.

Z pokładu GEONURA głównie w latach 1983 wykonano kilkadziesiąt odwiertów na Bałtyku na głębokościach do 30 m. oraz 10- 20m. poniżej dna. Pracę zabezpieczał statek ratowniczy PRO Jantar. Przy obsłudze GEONURA II brało udział wielu nurków z klubów płetwonurków oraz nurków zawodowych, geologów, hydrogeologów, geofizyków i innych specjalistów. Pracę zabezpieczali lekarze z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy. Pracą GEONURA zainteresowana była Służba Ratownicza Marynarki Wojennej w związku z potrzebą wykorzystania pojazdu podwodnego do celów ratowniczych, w tym do ratowania załóg okrętów podwodnych. [4,25]

Na GEONURZE II, podobnie jak na GEONURZE I stosowano, jak ją w tym czasie nazywano, metodę nurkowania subsaturowanego z wykorzystaniem powietrza i tlenu. Pod względem prowadzenia dekompresji GEONUR II był wyposażony w pełny system tabel dekompresyjnych. Podstawowymi tabelami były tabele dekompresji nurkowań subsaturowanych, tabelami awaryjnymi zaś były tabele nurkowań saturowanych z użyciem powietrza i tlenu. Dla wycieczek z plateau saturacji 14,16 i 18 m w dół i górę, oraz na wypadek wystąpienia incydentu dekompresyjnego załączone były tabele rekompresji leczniczej z użyciem tlenu. Tabele dekompresji sygnował Centralny Instytut Ochrony Pracy w Warszawie, wykorzystując w tym celu dostępną literaturę światową.

NURKOWANIE SUBSATUROWANE

Możliwości techniczne polskich habitatów i opór administracyjny nie umożliwiały prac podwodnych z użyciem nurkowań saturowanych. Dlatego też stosowano dekompresję, do jak to nazywano w tym czasie, nurkowań subsaturowanych. Termin nurkowania subsaturowane był używany w latach 60 i 70 tych dla teorii dekompresji nurkowań [13]. Ten typ dekompresji wykorzystywano w MEDUZIE II oraz późniejszych habitatach przeznaczonych do wierceń podwodnych metoda udarową, GEONUR I i GEONUR II. W nurkowaniach subsaturowanych nurkowie pracowali pod wodą kilka godzin (od 4 do 6 godzin) wychodząc do pracy w wodzie i wracając na odpoczynek do przedziału mieszkalnego, lub pracując tylko w przedziale roboczym, by po pracy zrealizować dekompresję po wynurzeniu habitatu na powierzchnię (lub jak było w przypadku MEDUZY II, ustawiając przystanki dekompresyjne w toni wodnej). W nurkowaniach subsaturowanych stosowano własne dobrane tablice dekompresji, ograniczając głębokość pobytu do 18m. Z tej głębokości nurkowie zanurzali się na głębokość pracy z przestrzeni MEDUZY II. Praca nurków w GEONURACH była podobna do prac pracowników kesonowych, z tą różnicą, że „keson” był holowany i zanurzany na miejscu zadań podwodnych, a praca odbywała się głównie w przedziale roboczym, i jeśli zaistniała potrzeba pracy w wodzie, zanurzali się wychodząc z dolnego włazu.

Jakim arsenałem źródłowym dysponowali pionierzy twórcy i realizatorzy polskich nurkowań subsaturowanych? W Polsce w tym czasie istniał jeden jedyny dokument dotyczący dekompresji przebywania długotrwałego człowieka pod ciśnieniem. Było to Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 2 czerwca 1952 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w kesonach. Dokument ten przewidywał maksymalną pracę przy „nadcisnieniu do 3,5 atm (pisownia oryginalna) dla czasu wyluzowania 60min. Brakowało określenia czasu pracy pod ciśnieniem, które określono w Uchwale Nr 718 Rady Ministrów z dnia 26 października 1954 r. w sprawie skrócenia czasu pracy pracowników kesonowych. I tak pracownik nie może przekraczać na jedną dobę przy nadcisnieniu: do 1,75 at 7 godzin, powyżej 1,75 at do 2,5 6 godzin, od 2,5 at do 3,0 at 5 godzin, powyżej 3,0 at do 3,5at 4 godzin, powyżej 3,5at do 4,0at 2godziny. Ponadto dane o tym temacie uzupełniano danymi z krajów Zachodnich [1,14]. Uwzględniono także dane dekompresyjnych tabel awaryjne z użyciem powietrza z polskich tabel obowiązujących w Marynarce Wojennej.

W pracach podwodnych wyróżniono dwa warianty pracy nurków. Pierwszy to praca nurków w toni wodnej, drugi to praca na pokładzie habitatu bez jego opuszczania. Praca na pokładzie habitatu dopuszcza pracę do 12 godzin, a przewidywana głębokość nie przekracza 36 metrów. W tym wariantcie organizacja pracy jest prosta, gdyż wystarcza jedno zanurzenie i wyjście według tabel dla nurkowań subsaturowanych. Pobyt w toni wodnej lub obsługa urządzeń pobierania próbek były ściśle ograniczone do kilku godzin. Następnie odbywała się długa dekompresja. Podobnie było w wypadku, gdy nurek pracuje poza habitatem lecz na głębokościach dopuszczalnych tabelami, w strefach głębokości ujętych w tabelach nurkowań subsaturowanych. Np. habitat posadowiony na 14 metrach, a pracę nurek wykonuje na 20m. Przy nurkowaniu subsaturowanym i saturowanym instrukcja mówiła, iż należy planować pracę nurka uwzględniając odpoczynek i czuwanie na plateru saturacji (subsaturacji) [15].

Instrukcja bezpieczeństwa przewidywała, że po każdym powrocie z pracy pod zwiększonym ciśnieniem do ciśnienia odpoczynkowego należy w ciągu pierwszych 5 minut przeprowadzić badanie przy pomocy ultradźwiękowego detektora pęcherzyków gazu we krwi żyłnej. W razie wystąpienia objawów obecności pęcherzyków należy przeprowadzić rekompresję do ciśnienia ulgi, zgodnie z zasadami podanymi w dalszej części instrukcji, a następnie obniżyć ciśnienie do odpoczynkowego w tempie 0,5 m/min, jeśli to konieczne ze stosowaniem odpowiednich przystanków dekompresyjnych według tabeli. Nurek, u którego wystąpiły takie objawy zmęczenia powinien być zwolniony z dalszej pracy pod ciśnieniem większym od ciśnienia plateau saturacji. Tabele dekompresji dla nurkowań subsaturowanych z wykorzystaniem tlenu przewidywały rozprężanie do 5m/min a czas przejścia z przystanku na przystanek 1min. Tabele przewidywały też dekompresje przedłużoną, w której prędkość rozprężania zmniejszona była do 0,5m/min, a czas przejścia z przystanku 6 min. W pewnych wypadkach mogła okazać się potrzebna praca pod ciśnieniem mniejszym niż plateau saturacji, zatem w zasadach odbywania wycieczek nurkowych, podanych poniżej, zostały uwzględnione obie takie sytuacje [15] (Tabela nr 1).

Tabele przewidywały wycieczki-nurkowe na głębokości większej od plateau saturacji podane w tabeli. Nurkowanie dłuższe niż 12 godzin zaliczane jest do nurkowań saturowanych. Przy korzystaniu z tabel dla nurkowań subsaturowanych, jak już wspomniano powyżej, możliwa jest tylko praca bez przekraczania przedziału głębokości z tabel, oraz praca pod ciśnieniem mniejszym niż ciśnienie plateau przebywania pod ciśnieniem.

Wybrane sposoby dekompresji nurków subsaturowanych dla głębokości operacyjnych stosowanych w MEDUZIE II i GEONURACH z zastosowaniem powietrza i tlenu [15].

Głębokość operacyjna	Czas pobytu	Czas do pierwszego przystanku (dekompresja wydłużona)	Czasy dekompresji na przystankach				Całkowity czas dekompresji	Całkowity czas dekompresji wydłużonej
			12m	9m	6m	3m		
Głębokość przystanków [m]	[godz]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	
9	6	2 (x)				8	11	X
	8	2 (12)				14	17	28
	12	2 (12)				23	26	41
12	6	2 (x)				16	19	x
	8	2 (18)				28	31	52
	12	2 (18)				46	49	70
18	4	3			2	53	60	x
	6	3			14	680	99	130
	8	3			31	99	134	165
	12	2		-	51	60+p30+50	198	229
	3	4			26	63	95	X
24	4	3		4	36	82	128	170
	6	3		20	60	30+p20+30	210	253
	8	3		40	30+p20+30	80+p30+30	265	307
	12	3	12	45+p15+20	60+p20+25	80+p30+30	343	385

Uwarunkowania tabel wymagały, by czas pracy nurka poza habitatem mógł wynosić maksymalnie 2 godziny, czas pracy w przedziale roboczym 4 godziny (w przypadku pracy na 2 zmiany). Przy lekkiej pracy czas ten można przedłużyć do 6 godzin. Praca poza habitatem powinna odbywać się pod stałym ciśnieniem z zastrzeżeniem że, należy unikać zmian głębokości pracy przekraczających 33% różnicy pomiędzy ciśnieniem na plateau, a ciśnieniem w miejscu pracy.

Tabela dekompresji powietrznej dla nurków subsaturowanych, stosowana w przypadkach wyjątkowych. Prędkość rozprężania do 5 μ /min [15].

Głębokość operacyjna	Czas pobytu	Czas do pierwszego przystanku	Czasy dekompresji na przystankach				Całkowity czas dekompresji
			12m	9m	6m	3m	
Głębokość przystanków [m]	[godz]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]
9	6	2				12	15
	8	2				21	24
	12	2				35	38
12	6	2				23	26
	8	2				41	44
	12	2				69	72
18	4	3			2	79	86
	6	3			29	119	144
	8	3			44	148	197
	12	2			76	185	270
	3	4			38	94	138
24	4	3		6	53	122	187
	6	3		29	107	160	285
	8	3		59	107	187	359
	12	3	17	108	142	187	461

Takie tabele dekompresji desygnowane dla stosowania w nurkowaniach subsaturowanych oparte były o tabele NOAA-OPS opisane w rozdziale 8 [1, 14]. W tabelach tych wyróżniano cztery głębokości plateau saturacji: 9,1m, 18,3m, 27,4m i 36,6m. Z tych poziomów saturacji przewidziano wycieczki na większe głębokości zarówno bezdekompresyjne jak i z dekompresją na powrót do plateau saturacji. Przykładem tu niech będą wybrane sposoby, które były stosowane w GEONURACH, które przedstawiono w tabeli nr 2.

Dopuszczalne głębokości pracy pod ciśnieniem większym od ciśnienia nasycenia w zależności od poziomu plateau saturacji i maksymalnego czasu pracy poza GEONUREM. Stosować tylko w przypadkach, czasu pobytu w GEONURZE ponad 12 godzin. Czas odpoczynku nurków przed rozpoczęciem dekompresji 12 godz. [15].

Głębokość nasycenia	Maksymalny czas pracy pod ciśnieniem [min]	30	60	90	120	180	240*	360*
		[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]
14		59 m	55	50 m	29 m	27 m	27 m	27 m
16		45 m	57	34 m	32 m	31 ж	31 ж	31 ж
18		47 m	40	37 m	35 m	54 m	54 m	54 m

Tabela awaryjna. Dekompresja dla plateau saturacji 18 m z użyciem powietrza i tlenu.

Głębokość stacji [m]	Czas przejścia [min]	Czas pobytu na stacji i rodzaj mieszaniny [min]	Łączny czas dekompresji [min]
16,0	15	Powietrze	15
9,0	5	Powietrze 160 tlen 30	205
7,5	5	Powietrze 165 tlen 30	210
6,0	5	Powietrze 165 tlen30	405
4,5	5	Powietrze 20 tlen30 Powietrze 20 tlen30 Powietrze 20 tlen30 Powietrze 20 tlen40	410
3,0	5	Powietrze 60 tlen30 Powietrze 20 tlen30 Powietrze 20 tlen30	605
1,5	5	Powietrze 200	610
			815
			1015
			1020
			1220
			1225

Łączny czas dekompresji 20h 25min w tym oddychanie tlenem łącznie 335 min.

System nurkowań subsaturowanych był systemem pełnym i odpowiadał aktualnym standardom dla systemu dekompresji w nurkowaniach komercyjnych. Zawierał tabele podstawową (roboczą), z uwzględnieniem tabeli dla dekompresji wydłużonej. Instrukcja bezpieczeństwa była uzupełniona tabelami dla ekspozycji wyjątkowych, z uwzględnieniem wycieczek na głębokości większe od głębokości pobytu na plateau. (tabele nr 2 i 3) Tabelami awaryjnymi były tabele saturacji dla trzech głębokości, które stosować należało po przekroczeniu 12godz pobytu na plateau. Tabele te przewidziane były dla trzech głębokości w których można było stosować powietrze dla plateau saturacji 14m, 16m i 18m (przykładowa tabela nr 4). Ponadto system zawierał tabele rekompresji leczniczej opartej o tabele US Navy 5 i 6, oraz francuskie Cx30 z użyciem nitroksu 60% O₂ 40%N₂ powietrza i tlenu.

UWAGI KOŃCOWE AUTORA

Cytując A Dębskiego podczas jego dyskusji panelowej 25. lutego 1975r organizowanej przez PTPNoZ „Słuchając tego, co się powiedziało tutaj przed chwilą, nasuwa się pewna myśl, która dręczyła mnie przedtem. Mówienie o tym, co można zrobić, jakie mamy siły, oczywiście, jest słuszne i powinno się nad tym zastanawiać. Ale jak to się w Polsce odbywało, jeśli chodzi w ogóle o batynautykę wodną? To jest Meduza 2 jest najtańszym urządzeniem w porównaniu do konwencjonalnych sposobów prac nurka.” Pod tymi słowami podpisał się świat prac podwodnych w następnych dekadach wprowadzając nurkowania saturowane do działalności komercyjnej i na rzecz obronności. Prekursorzy i pionierzy nurkowań saturovani działali w trudnych warunkach społeczno-ekonomicznych i przeszli do światowej historii nurkowania. W czasach, w których działali spotykała ich dychotomia oceny ich wyników od euforii sukcesu do negacji drogi jaką obrali. Pokazali, że mieli pasję i charakter co nie było akceptowane przez ustabilizowane ośrodki naukowe. Wbrew przyjętej logice i mimo tak prostych rozwiązań technicznych pozbawionych nadbudowy badawczej oraz nie do końca poznanych procesów fizjologicznych i dekompresyjnych, wprowadzili oni do podwodnych prac nowe podejście i jego komercyjne wykorzystanie. Do dnia dzisiejszego nie stwierdzono odległych ujemnych skutków zdrowotnych u nurków uczestników wypisywanej działalności i bohaterowie tych przełomowych wydarzeń obdarzeni byli i są długim życiem.

Moja przygoda z tymi entuzjastami rozpoczęła się w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku i byłem zaszokowany obciążeniem stworzonym przez sformalizowanie nurkowania w Marynarce Wojennej. Podziwiałem pasjonatów i ludzi wspierających tych pasjonatów za zdolność przekonywania do swej wizji i umiejętność twórczego, kreatywnego

rozwiązywania problemów. Tym artykułem składam im hołd i najwyższe wyrazy uznania. Pragnę im także podziękować, gdyż na mojej drodze pracy w sferze działań podwodnych wiele dzięki nim skorzystałem.

BIBLIOGRAFIA

1. Miller J NOAA Diving Manual Diving of Science and Technology. 2-nd edition US Government Printing Office Washington DC 1979;
2. Zespół autorów p.k.S.A.Guljar „Organizm człowieka i podwodna sroda” Zdrowie Kijew 1977;
3. Dębski A. „Niektóre problemy batynautyczne w służbie potrzeb gospodarczych” Biuletyn Informacyjny 1-2 1975 Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi;
4. Rozmowy z uczestnikami i twórcami programów Meduza II, Geonur I i Geonur II;
5. Własne doświadczenia ze współpracy i rozmowy z A. Dębskim w latach 1978- 2004;
6. Kowalska Karina „Meduza „Pierwszy Polski Eksperyment Batynautyczny” Muzeum Nurkowania Warszawa 2018;
7. Dębski A. „Na dnie i w toni” wyd Tomik 2000;
8. Dębski A. „Od Meduzy do Geonura” „ Problemy medycyny i techniki nurkowej”: Okrętownictwo i Żegluga Gdańsk 1997;
9. Dębski A. „Niektóre problemy batynautyczne w służbie potrzeb gospodarczych” Biuletyn Informacyjny 1-2 1975 Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi;
10. R.D Vann “Comprehensive strategy for saturation decompression with nitrogen-oxygen” Workshop on Decompression from NITRIX Saturation Diving January 8-9 1985 Institute for Environmental Medicine University of Pennsylvania;
11. „GEONUR” Batyskaf do prowadzenia badań i prac podwodnych i prac geologicznych. Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi. Warszawa -Sejm ul. Jadów 10/4;
12. Biuletyn Informacyjny NATURA 1-2.75 Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi 1975;
13. Vann R D „Comprehensive Strategy For Saturation Decompression with Nitrogen-Oxygen Duke Univ Medical Center Durham 1984 Feb;
14. Miller J.W „Koblick I.G Living and Working in the sea VanNostrand Reinhold Company ISBN 0-442-26084-9 1984;
15. Ruszczewski P. Instrukcja bezpieczeństwa pracy dla nurków subsaturowanych i saturowanych przy wykorzystaniu GEONURA -2 Mieszana oddechowa -Powietrze. Centralny Instytut Ochrony Pracy. Warszawa 1983.

Stanisław Skrzyński

Akademia Marynarki Wojennej
im. Bohaterów Westerplatte 81 – 103 Gdynia 3
ul. Śmidowicza 69
tel.: +58 626 27 46.
e-mail: skrzyński@interecho.com