

**POLISH
HYPERBARIC
RESEARCH**

2005 NUMBER 4 (13)

CONTENTS



J. Sapieżko, P. Siermontowski, R. Koktysz, R. Olszański

The influence of underwater shock wave on diver's and submarine crew organism p 7

D. Szyszko-Maziuk

Comparative Analysis of Laryngological Diseases in Competitive Swimmers and Subjects Swimming for Recreation. p 17

R. Kłos

Data gathering and experimental design in diving technology. p 25

R. Kłos

Distress submarine decompression feasibility analysis. p 55

Analiza publikacji czasopisma „Polish Hyperbaric Research” oraz sprawozdanie z działalności redakcji w roku 2004 – 2005 p 81

Tekst uchwały Zarządu Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej p 89

**POLISH
HYPERBARIC
RESEARCH**

2005 NUMER 4(13)

SPIS TREŚCI



J. Sapiężko, P. Siermontowski, R. Koktysz, R. Olszański

Oddziaływanie podwodnej fali uderzeniowej na organizm pętlwonurka i załogi okrętu podwodnego str. 7

D. Szyszko-Maziuk

Analiza porównawcza schorzeń laryngologicznych u pływaków i osób pływających rekreacyjnie. str. 17

R. Kłos

Pozyskiwanie danych i projektowanie eksperymentów w technice nurkowej str. 25

R. Kłos

Analiza możliwości dekompresji załogi zagrożonego okrętu podwodnego str. 55

Analiza publikacji czasopisma „Polish Hyperbaric Research” oraz sprawozdanie z działalności redakcji w roku 2004 – 2005 str. 81

Tekst uchwały Zarządu Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej str. 89

Jan Sapieżko, Piotr Siermontowski, Robert Koktysz, Romuald Olszański

ODDZIAŁYWANIE PODWODNEJ FALI UDERZENIOWEJ NA ORGANIZM PŁETWONURKA I ZAŁOGI OKRĘTU PODWODNEGO

Celem pracy jest przedstawienie własnych doświadczeń na podstawie przeprowadzonych badań oraz danych z piśmiennictwa światowego na temat urazotwórczego wpływu podwodnej fali uderzeniowej, generowanej przez detonację materiałów wybuchowych, na organizm płetwonurka oraz załóg podwodnych obiektów pływających.

W pracy omówiono fizyczną charakterystykę wybuchu oraz fali uderzeniowej. Szczególną uwagę zwrócono na patomechanizm i patofizjologię obrażeń spowodowanych falą uderzeniową (FU).

W podsumowaniu przedstawiono kliniczny obraz obrażeń spowodowanych podmuchem, ich różnorodność i skomplikowany charakter oraz związane z tym trudności w udzielaniu pomocy poszkodowanym.

Szczegółowo omówiono, na podstawie dostępnego piśmiennictwa, przyczyny i patomechanizm tzw. nagłej śmierci po wybuchu u członków załóg obiektów podwodnych.

Słowa kluczowe: fala uderzeniowa, obrażenia z podmuchu, wybuch podwodny, uraz detonacyjny.

Key words: blast injury, blast,

Wstęp.

Uszkodzające działanie fali podmuchu było obserwowane od początków szerszego zastosowania broni palnej i materiałów wybuchowych. W miarę doskonalenia środków rażenia wzbogacała się wiedza na temat urazowego wpływu fali podmuchu na tkanki żywych organizmów. W 1768 r. Jors, a później Raynaud w 1887 r. zauważyli, że przyczyną obrażeń w następstwie każdego wybuchu, w tym również podwodnego, są nagle wahania ciśnienia. Jors jako pierwszy użył sformułowania „uszkodzenia z podmuchu” i dostrzegł niszczące działanie fazy kompresji i dekompresji (5, 6).

Pierwsze ukierunkowane badania doświadczalne związane z „urazowo – ciśnieniowym efektem wybuchu” wykonał szwajcarski lekarz Rusca w 1915 r. prowadząc eksperymenty na królikach i rybach (10). Amerykański fizjolog Hooker jako pierwszy opisał stłuczenie i pęknięcie płuc, uznając je za najgroźniejsze obrażenia z podmuchu (14).

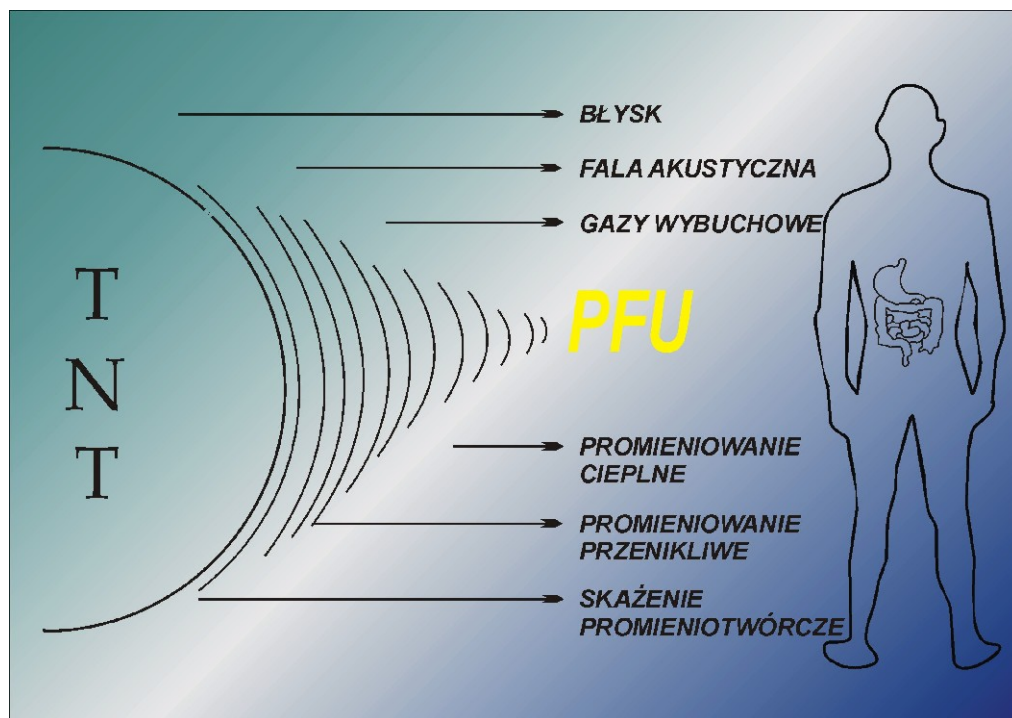
Podczas II Wojny Światowej badania nad biologicznymi skutkami fali podmuchu prowadzili dwaj badacze niemieccy, Benzinger i Rossle, którzy poza wszechstronną oceną działania fali uderzeniowej na zwierzęta, badali również skutki działania podwodnej fali uderzeniowej. Badania ukierunkowane były głównie na ocenę bojowej skuteczności różnego rodzaju środków wybuchowych w środowisku podwodnym oraz na wyjaśnienie patomechanizmu nagłej śmierci w następstwie zadziałania fali podmuchu. Wyniki swych badań autorzy opublikowali dopiero po zakończeniu wojny

(3, 18). Stanowią one w głównej mierze podstawy współczesnej wiedzy o urazie z podmuchu i jego skutkach biologicznych.

Fizyczna charakterystyka wybuchu podwodnego i fali uderzeniowej.

Proces gwałtownej przemiany fizycznej lub chemicznej, której wynikiem jest zamiana zmagazynowanej energii potencjalnej w pracę mechaniczną, nazywamy wybuchem. W pojęciu wybuchu zawarte są trzy zasadnicze cechy charakteryzujące ten proces, a mianowicie szybkość przemiany, egzotermiczność i tworzenie produktów gazowych. Jednoczesne wystąpienie tych wszystkich cech charakteryzuje wybuch w pojęciu chemicznym. Wybuch w pojęciu fizycznym (np. wybuch kotła parowego) pozbawiony jest trzeciej z wyżej wymienionych cech a mianowicie możliwości tworzenia produktów gazowych (8, 9, 10, 12, 19, 20, 21).

Każdy wybuch w zależności od jego siły, otoczenia miejsca wybuchu, środowiska oraz okoliczności temu towarzyszących pociąga za sobą różną liczbę ofiar śmiertelnych i powoduje różnej ciężkości obrażenia. Uraz wywołany wybuchem przyjęliśmy nazywać urazem detonacyjnym. Składa się on z kilku czynników urazotwórczych, działających jednocześnie, a mianowicie: fali uderzeniowej (FU), fali akustycznej, błysku, promieniowania cieplnego, gazów wybuchowych, w większości dwutlenku węgla, a w przypadku wybuchu jądrowego, dodatkowo jeszcze promieniowania przenikliwego i skażenia promieniotwórczego (Ryc. 1), (12, 23, 25).



Ryc. 1. Czynniki rażenia wybuchu powietrznego.

Około 30 – 40% energii wybuchu przechodzi do otaczającego środowiska pod postacią fali uderzeniowej. Pozostała część energii zużywana zostaje na pozostałe czynniki urazotwórcze (12, 20, 21, 23, 25).

Falą uderzeniową (FU) nazywamy warstwę silnie zagęszczonych gazów wybuchowych wyzwalanych w momencie detonacji, rozprzestrzeniającą się promieniście wokół eksplodującego ładunku. Powierzchnię oddzielającą sprężone cząsteczki gazu od otaczającego, nie zaburzonego jeszcze środowiska, nazywamy czołem fali. Na tej powierzchni następują gwałtowne zmiany ciśnień oraz równoczesne

zmiany gęstości, temperatury i prężności cząsteczek ośrodka. Prędkość rozchodzenia się FU względem ośrodka jest zawsze większa od prędkości rozchodzenia się dźwięku i w zależności od ładunku wybuchowego może osiągać 25 tys. m/sek (15, 23, 25).

Z fizycznego punktu widzenia rozróżniamy dwa rodzaje fali uderzeniowej (wg. Buffe'a):

- fala powstała w wyniku eksplozji klasycznej (broni konwencjonalnej) charakteryzująca się bardzo szybkim wzrostem ciśnienia na jej czole z następowym powolnym jej spadkiem. Ciśnienie wokół wybuchu wzrasta nagle w czasie krótszym niż milionowa część sekundy i utrzymuje się około 5 msek. Jest to faza nadciśnienia zwana również fazą sprężania. Następnie ciśnienie spada stopniowo osiągając wartość niższą od ciśnienia atmosferycznego. Jest to faza rozprężania trwająca sześciokrotnie dłużej od fazy sprężania, tj. około 30 msek (1, 8, 19, 23).

- fala powstała w wyniku eksplozji jądrowej, charakteryzująca się wolniejszym wzrostem ciśnienia na jej czole, po którym następuje faza plateau maksymalnego nadciśnienia trwająca około 180 msek (1, 10, 12, 25).

Szybkość rozchodzenia się czoła fali maleje w miarę oddalania się od epicentrum wybuchu, po czym wkrótce przechodzi w falę akustyczną i utrzymują się wówczas jeszcze zanikające pulsacje ciśnienia, aż do osiągnięcia stanu spoczynku. Proces zanikania fali uderzeniowej dokonuje się najdalej od centrum wybuchu w gazach, dwukrotnie bliżej w cieczach i najbliższej w ośrodkach stałych (1, 15, 16, 23).

Podstawowymi wskaźnikami określającymi mechaniczne działanie PFU są ciśnienie na jej czole, czas trwania fazy nad- i podciśnienia oraz impuls nadciśnienia. Ciśnienie jest najwyższe w epicentrum wybuchu i spada gwałtownie w miarę oddalania się od tego punktu. Czas trwania fazy nad- i podciśnienia jest uzależniony od rodzaju i wielkości ładunku wybuchowego, odległości od centrum wybuchu, warunków otoczenia oraz od kąta padania fali. Działanie fali uderzeniowej skierowanej prostopadle jest 5 – 8 razy silniejsze niż fali skierowanej pod mniejszym kątem. Deformacja ciała, jego krzywizny oraz związane z tym dynamiczne procesy zachodzące w jego wnętrzu zależą od ilości energii przekazanej w jednostce czasu, czyli od impulsu fali (1, 8, 12, 24). Impuls zaś uzależniony jest od szczytowego nadciśnienia i czasu jego utrzymywania się na tym poziomie. Bardzo silny impuls FU ma miejsce w następstwie wybuchu ładunku jądrowego (25).

Patomechanizm i patofizjologia obrażeń spowodowanych falą uderzeniową.

Charakter i rodzaj obrażeń powstałych w następstwie ekspozycji ciała człowieka na działanie FU zależą od takich czynników jak: fizyczna charakterystyka samej fali, osobniczej tolerancji fali uderzeniowej oraz warunków fizycznych otoczenia wybuchu.

W momencie kontaktu fali podmuchu z powierzchnią ciała, część jej jest odbijana, część załamywana a pozostała część pochłaniana. Cząsteczki ciała w momencie nadejścia impulsu nadciśnienia zostają poddane znacznym naprężeniom powodującym ich przemieszczenie wobec siebie. Jeżeli fala podmuchu przechodzi ze środowiska o większej gęstości do środowiska o mniejszej gęstości, to na ich granicy powstaje silna fala rozprężenia o impulsie wielokrotnie wyższym niż poprzedzający impuls fali nadciśnienia (np. płuca płetwonurka). Wahania ciśnienia na granicy dwóch środowisk o różnej gęstości przedłużają czas działania fali nadciśnienia, powodując znacznie większe uszkodzenia niż w środowisku jednorodnym (2, 6, 18, 20, 21). Głównym czynnikiem uszkadzającym FU jest faza nadciśnienia.

Bardzo ważnym elementem w procesie urazotwórczym FU jest natura fizyczna środowiska, w którym FU jest generowana i się rozchodzi. W środowisku wodnym fala podmuchu rozchodzi się z prędkością 1500 m/sek. i zanika znacznie wolniej niż w środowisku gazowym. Związana z tym strefa śmierci jest trzykrotnie większa.

Obrażeniom ulegają głównie narządy wielostrukturalne, niejednorodne zawierające zarówno płyn jak i powietrze np. płuca czy przewód pokarmowy (8, 9, 19, 20, 21).

Nie pozostaje również bez znaczenia ciśnienie otoczenia, wraz ze wzrostem którego ciężkość obrażeń wzrasta. Dlatego też ciężkie obrażenia występują również podczas detonacji podwodnej przy głębokim zanurzeniu. Dotyczą one szczególnie płuc, przewodu pokarmowego i naczyń krwionośnych (10, 11, 13, 19, 22).

Urazotwórcze działanie FU może być bezpośrednie (podmucha) lub pośrednie, poprzez rażenie odłamkami obudowy ładunków wybuchowych, kadłubów okrętów lub innego ekwipunku, bądź poprzez wprawione w ruch różne przedmioty otaczające miejsce wybuchu (3, 6, 8, 9, 12, 19, 22, 23). Stają się one wtedy „pociskami wtórnymi”. Obrażenia odniesione w wyniku działania FU mogą być spowodowane przez:

- uraz pierwotny – związany z tzw. czystym działaniem FU (podmucha),
- uraz wtórny – związany z pociskami wtórnymi, np. odłamkami, fragmentami ziemi, odzieży,
- uraz trzeciorzędowy – związany z nagłym rzuceniem ofiary o lub na twarde podłoże.

W mechanizmie uszkodzania tkanek przez uraz pierwotny w wyniku działania FU uwzględnia się następujące zjawiska wg. Schardina:

- zjawisko odłamywania (ang. spalling effect) – zachodzi podczas przechodzenia PFU przez środowisko o różnej gęstości, np. płynowo – gazowe. Zjawisko to polega na odrywaniu cząsteczek środowiska o większej gęstości i rzucaniu ich do środowiska o gęstości mniejszej (Ryc. 2).

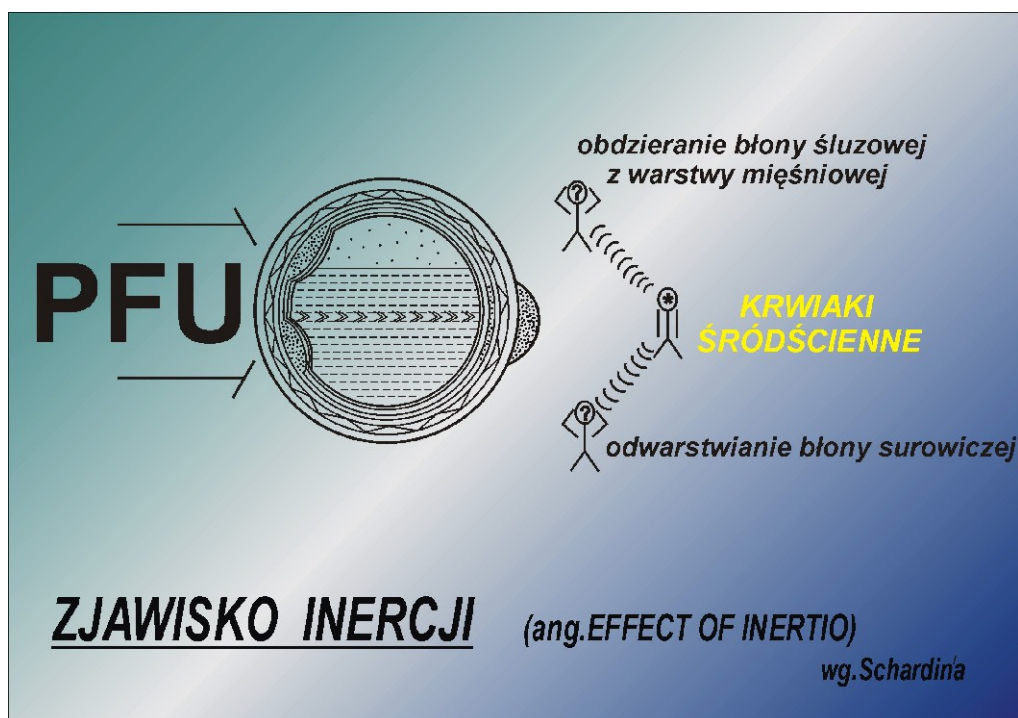


Ryc. 2. Schemat zjawiska odłamywania (ang. spalling effect).

Powoduje to uszkodzenie środowiska bardziej gęstego. Gdy próg wytrzymałości tkanek na rozrywanie następuje na początku fazy nadciśnienia, cząsteczki uszkodzonej tkanki wyrzucane są do środowiska o mniejszej gęstości w kierunku zgodnym z kierunkiem działania FU. Natomiast, gdy uszkodzenie tkanki następuje dopiero na szczycie fazy nadciśnienia, to następująca po niej faza podciśnienia, zasysa niejako cząsteczki uszkodzonej tkanki w kierunku przeciwnym do kierunku

działania FU. Kilkakrotnie wzmocniony na granicy środowisk impuls podciśnienia wywiera na tkanki działanie rozrywające, złuszczone. Powoduje to odrywanie się, jakby strzępienie cienkich warstw tkanki po przekroczeniu granicy jej wytrzymałości na rozrywanie. Oderwane warstwy tkanek odsłaniają światło naczyń krwionośnych, w wyniku czego dochodzi do wynaczynienia krwi. Uszkodzenie naczyń włosowatych w różnych narządach, np. w płucach, powoduje gromadzenie się krwi w świetle pęcherzyków płucnych oraz przedostawanie się powietrza do naczyń żylnych, powodując zatory powietrzne tętnic. Ten mechanizm uszkodzania naczyń włosowatych zachodzi w zakresie wszystkich bogato unaczynionych narządów np. płuc, jelita cienkiego (1, 4, 6, 19, 22).

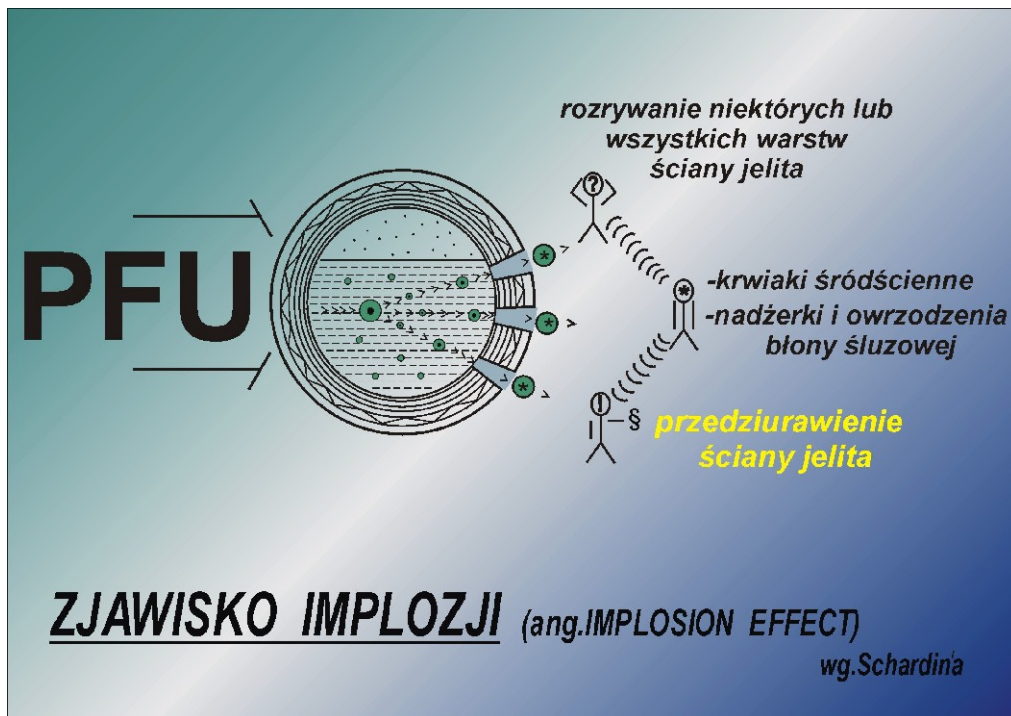
- zjawisko inercji (ang. effect of inertio) – zachodzi również podczas przechodzenia PFU przez tkanki o niejednorodnej budowie. Polega ona na nadawaniu cząsteczkom o różnych masach różnego przyśpieszenia, co powoduje uszkodzenie tkanek na granicy środowisk o różnych masach (Ryc. 3). Schardin sugeruje, że warstwy błony śluzowej przewodu pokarmowego, nabłonka dróg oddechowych oraz śródbłonna naczyń są obdzierane z warstw mięśniowych poprzez ten mechanizm (8, 22, 24).



Ryc. 3. Schemat zjawiska inercji. (ang. effect of inertio).

- zjawisko implozji (ang. implosion effect) – zachodzi podczas przechodzenia FU przez środowisko płynne. Ze względu na małą ściśliwość płynów, fala uderzeniowa przechodząc przez nie powoduje niewielkie przemieszczenie cząsteczek płynu, natomiast znacznie przyśpiesza ruch zawartych w nim pęcherzyków gazu, które stają się pociskami wtórnymi, posiadającymi własną energię i wybuchającymi podobnie jak komory próżniowe np. lampy kineskopowe (Ryc. 4). Zjawisko implozji jest przeciwieństwem eksplozji i w przypadku, gdy dotyczy to naczyń krwionośnych, dochodzi wówczas do uszkodzenia ich śródbłonna i elementów morfotycznych krwi, zawartych w ich świetle. Podobny mechanizm powstawania obrażeń występuje w przypadku

układu oddechowego i przewodu pokarmowego, gdzie faza nadciśnienie fali wciska do światła jelita pęcherzyki powietrza, które szybko rozprężają się po przejściu fali uderzeniowej (3, 4, 6, 8, 9, 10, 22)



Ryc. 4. Schemat zjawiska implozji (ang. implosion effect).

Wymienione zjawiska doprowadzają do uszkodzenia struktury tkanek i narządów, zarówno w wyniku działania fazy nad- i podciśnienia PFU jak i własnych pocisków wtórnych. Wspólne oddziaływanie tych trzech zjawisk wyjaśnia także przyczynę największej podatności na uszkodzenia z podmuchu narządów zawierających gaz, zwłaszcza płuc i przewodu pokarmowego oraz względnej odporności na tego typu urazy narządów mięszo-tych, tkanek o prawie jednolitej gęstości (1, 4, 6, 8, 9, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 25).

Liczne badania doświadczalne i obserwacje kliniczne wykazały, że w następstwie bezpośredniego działania FU uszkodzeniu ulegają prawie wszystkie narządy wewnętrzne i tkanki ustroju (19, 20, 21, 23, 25). Charakterystyczne dla patologii obrażeń z podmuchu jest rozległe uszkodzenie śródmiąższowego układu naczyniowego (7, 8).

Zuckerman znajdował podczas badań doświadczalnych współistniejące obrażenia płuc i narządów jamy brzusznej u 40 % zwierząt eksponowanych na wybuch. Jednakże 2/3 tych zwierząt padło bezpośrednio po wybuchu, przypuszczalnie wskutek rozległych obrażeń i następowych zatorów powietrznych (23, 24). Clemendson potwierdził wcześniejsze badania Zuckermana (5).

Natychmiastowa śmierć z powodu bezpośredniego działania FU w większości przypadków, związana jest z masywnymi obrażeniami płuc i powstania zatorów powietrznych naczyń mózgowych i wieńcowych.(2, 7, 8, 9).

Prowadzone badania makroskopowej oceny obrażeń u zwierząt doświadczalnych, powstałych w wyniku działania FU wykazały następującą częstość uszkodzenia poszczególnych narządów; płuca 92,6 %, serce i żołądek 25,9 %, jelita 11,1 %, mózg 3,7 % (8, 9, 19). Wynika z tego, że blisko 40 % zwierząt doświadczalnych oprócz obrażeń płuc miało również uszkodzenia przewodu

pokarmowego. Podobne wyniki badań przedstawił wcześniej Zuckerman, a potem Dancewicz (8, 9, 23, 24, 25).

Obserwacje kliniczne.

W przebiegu klinicznym w zależności od siły działania FU Nifantow (17) wyróżnia trzy postacie ciężkości obrażeń: postać błyskawiczną, ciężką i lekką. Odpowiadają one w ogólnym zarysie strefom obrażeń wg. Desage' a (10).

Postać błyskawiczna występuje u osób, które znajdowały się w czasie wybuchu blisko jego epicentrum. Porażeni ci giną bezpośrednio lub w krótkim czasie po wybuchu. Ich stan ogólny jest bardzo ciężki z utratą przytomności włącznie. Błyskawicznie narasta niewydolność oddechowa, a z ust wydobywa się pienisto-krwista wydzielina. Występują zaburzenia rytmu serca z tendencją do bradykardii. Tętno jest słabo napięte, nitkowate a ciśnienie tętnicze krwi obniżone z tendencją do ciągłego spadku. Porażeni są pobudzeni, oddają bezwiednie mocz i stolec. Giną oni wśród objawów ciężkiej niewydolności krążeniowo-oddechowej.

W postaci ciężkiej dominują objawy zamkniętych obrażeń ośrodkowego układu nerwowego, głównie pod postacią zaburzeń świadomości o różnym nasileniu. Po odzyskaniu świadomości dominują bóle i zawroty głowy, zaburzenia widzenia oraz niedowłady kończyn. Stałym objawem jest niepamięć wsteczna. Ponadto występuje duszność, bóle w klatce piersiowej oraz bóle brzucha, szum w uszach. Często objawem jest krwioplucie, a nawet krwawienie z ust, nosa lub uszu. Oddech jest płytki, przyspieszony. Nad polami płucnymi stwierdza się liczne rżenia oraz furczenia. Często występują zaburzenia rytmu serca z tendencją do bradykardii oraz hipotonii. Brzuch jest wzdęty, żywo bolesny w całości, często z zaznaczonymi objawami otrzewnowymi sugerującymi obrażenia narządów wewnętrznych.

Osoby, które przeżyły pierwsze 12 godzin po wybuchu są zwykle w ciężkim stanie ogólnym przez 3 do 4 dni i jeżeli nie giną z powodu powikłań obrażeń narządów wewnętrznych, stopniowo zdrowieją.

W postaci lekkiej dominują początkowo krótkotrwałe zaburzenia świadomości, pobudzenie psychoruchowe lub depresja oraz bóle i zawroty głowy. Poszkodowani skarżą się na szумы w uszach lub inne zaburzenia słuchu związane z trwałym lub przejściowym uszkodzeniem tego narządu. W początkowym okresie mogą wystąpić groźne dla życia powikłania obrażeń narządów wewnętrznych, takie jak obrzęk płuc, niedotlenienie mięśnia sercowego z objawami niewydolności krążeniowo-oddechowej czy też rozlane zapalenie otrzewnej, często ze wstrząsem septycznym. Często pojawiają się objawy krwawienia do przewodu pokarmowego. W późniejszym okresie przeważają objawy wegetatywne z zaburzeniami snu, czynności wydzielniczych oraz metabolicznych ustroju.

Objawy te po pewnym czasie mogą ustąpić całkowicie, mogą też utrzymywać się przez wiele lat a niekiedy przybierają charakter nieodwracalny.

Wielu autorów zwraca uwagę na częste występowanie ostrej niewydolności oddechowo-krążeniowej u ludzi bezpośrednio po urazie FU. Jest ona wynikiem złożonych procesów patofizjologicznych zachodzących jednocześnie w układzie oddechowym i układzie krążenia. Rozległe uszkodzenia mięszu płucnego prowadzą niejednokrotnie do znacznego zmniejszenia zarówno powierzchni oddechowej płuc jak i ich łożyska naczyniowego. Prowadzi to do upośledzenia przepływu oraz powstania przecieku płucnego. Dodatkowo przepływ płucny utrudniony jest przez odruchowy kurcz naczyń włosowatych, co przez zwiększenie oporu naczyń płucnych wpływa ujemnie na czynność serca i może prowadzić do jego ostrej niewydolności prawokomorowej. Jednocześnie w następstwie działania FU dochodzi do stłuczenia samego mięśnia sercowego z zaburzeniami rytmu jego pracy. Bez wpływu na pracę serca pozostaje również autonomiczny układ nerwowy a zwłaszcza działanie katecholamin. Upośledzenie zaś czynności serca powoduje, że nie jest ono w stanie w

wystarczającej mierze zwiększyć ciśnienia w prawej, by pokonać opór naczyń płucnych, co dodatkowo upośledza przepływ płucny. Tak więc ostra niewydolność oddechowo-krażeniowa, występująca w następstwie działania FU, ma niejednorodny i skomplikowany charakter (3, 4, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 20, 21).

W przypadku załóg okrętów podwodnych, czy też pływaczy będących w zasięgu działania podwodnej FU, jest to główna przyczyna tzw. nagłych zgonów po wybuchu, pomijając przy tym dodatkowo zaburzenia świadomości związane z uszkodzeniem ośrodkowego układu nerwowego, które nie są bez znaczenia w przypadku udzielania pomocy poszkodowanym.

Piśmiennictwo.

1. Buffe P., Cumedec I.F., Grateau P: Le blast. Etat actuel desconnaissances et perspectives d'etudes. *Medicine et armes*. 1987,15,5,357-362.
2. Benzinger T.: Physiological effects of blast In air and water. Chap. XIVB I German Aviation Medicine World War II. Washington D.C.1950,II,1225-1259.
3. Chabibi W., Wiazickij P.O., Komarow W.I., Minnulin I.P., Storozienko A.A., Lichacziew L.W.: Funkcionalnyje i morfologiczeskije izmienenija wnutriennych organow pri minno-wzriwnoj trawmie. *Wojen. Mied. Żurn*. 1989,2,19-21.
4. Chabibi W., Wiazickij P.O., Storozienko A.A., Komarow W.I., Minnulin I.P.:Kliniko-morfologiczeskije izmienenija wnutriennych organow pri minno-wzrywnoj trawmie. *Wojen. Med. Żurn*. 1989,1,34-37.
5. Clemendson C.J.: An experimental study on air blast injuries. *Acta Physiol. Scand*. 1949,18,Suppl. LXI,1-200.
6. Clemendson C.J.: Blast injury. *Physiol. Rev*. 1956,36,336-354.
7. Clemendson C.J., Holter I., Hultman H.J., Odont B.: Air embolism and the cause of death in blast injury. *Milit. Surg*. 1954,114,424-438.
8. Dancewicz R.: Badania doświadczalne nad obrażeniami płuc wywołanymi falą uderzeniową w następstwie wybuchu powietrznego. *Rozprawa habilitacyjna*. WAM Łódź 1983.
9. Dancewicz R., Kozak J., Gontarz W., Barcikowski S.: Patofizjologia obrażeń wywołanych działaniem powietrznej fali uderzeniowej. *Lek. Wojsk*. 1979, 55, 9-10,472-477.
10. Desage H.: Blast injuries. In German Aviation Medicine World War II. Washington D.C. 1950,II, 1274-1321.
11. Draeger R.H., Sager W.W.: Blast injury. *J.A.M.A*. 1946,132,762-767.
12. Ellis H.: Management of naail – bomb injuries. *J.Roy.Soc.Med*. 1983,76,9,724-725.
13. Gill W.G., Hay C.P.: A clinical study of injuries of the abdomen due to underwater explosion. *Br.J.Surg*. 1943,31,67-73.
14. Hooker D.R.: Physiological effects of air contusion. *AM.J.Physiol*. 1924,57,219-273.
15. Machwiładze N.I.: Funkcionalnoje sostojanije wnutriennych organow posle wozdiejstwija wozdusznoj udarnej wołny. *Klin. Med*. 1946,10,52-58.
16. Marshal T.K.: Explosion injuries. *Forensic Medicine W.B. Saudner Company*. Philadelphia, London, Toronto 1977,I,62-112.
17. Nifontow B.W.: Wozdusznoj wzrywnoj trawma. *Miedgiz*. Moskwa 1957.
18. Rossle R.: Pathology of blast effects. In German Aviation Medicine World War II. Washington D.C. 1950,II,1260-1273.
19. Sapieżko J.: Badania nad wpływem urazu z podmuchu na brzuszny odcinek przewodu pokarmowego królika. *Rozprawa doktorska*. WAM Łódź 1992.

20. Sapieżko J.: Oddziaływanie powietrznej fali uderzeniowej na organizm płetwonurka. Mat. IX Konf. Nauk. Szkol. „Zadania Wojskowej służby zdrowia w świetle nowych wyzwań dla Sił Zbrojnych RP. Sopot 25-26.11.2005 r.,
21. Sapieżko J., Siermontowski P., Koktysz R.: Wpływ powietrznej podwodnej fali uderzeniowej na organizm płetwonurka. Met. VII Konf. Z udziałem międzynarodowym Pol. Tow. Med. I Techn. Hiperbarycznej. Sopot 17-18.12.2005r.
22. Schardin H.: The physical principles of the effects of detonation. Chapter IV. In German Aviation Medicine World War II. Washington D.C. 1950,II,1207-1224.
23. Zuckerman S.: Discussion of the problem of blast injuries. Proc. R. Soc. Med. 1941,34,171-188.
24. Zuckerman S.: Experimental study of blast injuries of the lungs. Lancet 1940,219-240.
25. Żierabin E.A., Biessadowski R.A., Iwanow K.W., Rumjancew A.P.: Porażajszczeje diejstwije podwodnogo jadiernogo wzrywa. Woj. Mied. Żurn. 1966,2,68-72.

Recenzent: prof. dr hab. med. Kazimierz Dęga

Autorzy:

dr med. Jan Sapieżko

*Oddział Chirurgii Ogólnej, Onkologicznej i Klatki Piersiowej 7 Szpitala Marynarki
Wojennej w Gdańsku – Oliwie*

dr med. Piotr Siermontowski

*Zakład Medycyny Morskiej i Tropikalnej Wojskowego Instytutu Medycznego
ul. Grudzińskiego 4 81-103 Gdynia
tel. 58/6262230, tel. MON 266523 e-mail: nurdok@go2.pl*

dr med. Robert Koktysz

*Zakład Patomorfologii Klinicznej Wojskowego Instytutu Medycznego Warszawa
tel. 22/6816645, tel. MON 818456*

dr hab. n. med. Romuald Olszański

*Zakład Medycyny Morskiej i Tropikalnej Wojskowego Instytutu Medycznego
ul. Grudzińskiego 4 81-103 Gdynia
tel. 58/6262405, tel. MON 266523 e-mail: zmmit@mw.mil.pl*

Dorota Szyszko-Maziuk

COMPARATIVE ANALYSIS OF LARYNGOLOGICAL DISEASES IN COMPETITIVE SWIMMERS AND SUBJECTS SWIMMING FOR RECREATION.

Celem pracy była analiza porównawcza schorzeń laryngologicznych występujących u pływaków i u osób pływających rekreacyjnie. Badanie przeprowadzono od kwietnia 2004 do kwietnia 2005 wśród 64 pływaków w wieku 10-25 lat i 53 studentów IV roku AWF i S w Gdańsku. Informacje zebrano przy pomocy kwestionariusza ankiety. Uzyskane wartości oceniano przez porównanie występujących schorzeń laryngologicznych w badanych grupach. Wykazano występowanie różnic w rodzajach schorzeń wśród zawodników pływania i pływających rekreacyjnie. Stwierdzono, że pływacy częściej zapadają na schorzenia górnych dróg oddechowych wśród których dominują infekcje nosa i zatok oraz uszu i gardła.

Słowa kluczowe: pływanie rekreacyjne, pływanie sportowe, schorzenia laryngologiczne, analiza porównawcza.

The aim of the work was a comparative analysis of laryngologic diseases in swimmers and people swimming for recreation. The examination was carried out in the period from April 2004 to April 2005 in the group of 64 swimmers aged 10-25 years, and the group of 53 fourth-year students of the University of Physical Education and Sport in Gdańsk. The information was compiled on the basis of a questionnaire. The results were later estimated by means of comparison between the kinds of laryngologic diseases occurring in both groups. It was shown that the kinds of diseases differ in competition swimmers and people swimming for recreation. It was also found that the competition swimmers more frequently suffer from diseases of the upper airways among which the dominating problems seem to be the infections of the nose, sinuses, ears and throat.

Key words: recreational swimming, sports swimming, laryngologic diseases, comparative analysis.

Introduction

Motor activity at every stage of human development uses rationally applied physical effort. Increased motor activity compared to the physical effort accompanying sports activities can become a 'catalyst' for life style behaviours and in the end increases the adaptation to unfavourable external environmental conditions [3]. For a swimmer 'physical and chemical water properties create a different environment to which an organism has to adapt itself.' Specific thermal conditions require adaptation. Giving away or absorbing heat is a very intensive process. The necessity to take up physical activity in difficult thermal conditions (too low temperature) causes stress which leads to various physiologic reactions of an organism to chillness, cold air and water. Staying in cold water results in considerable energy release. Swimmer's movements have essential effect on heat loss, as the inner body temperature falls quicker when swimming than during rest. Additionally, the body is cooled down by the surrounding water [7].

The long-lasting effect of cold water on an organism is a disturbance of thermal balance. Thus, the safety regulations for prolonged physical effort in water stipulate that the optimal water temperature in swimming pools should range from 26 – 28C (up to 2 hours without any harm for the thermal balance of an organism). If the water temperature differs to a higher degree from the body temperature, greater reactions of organism systems appear. While swimming, conditions and mechanisms of breathing change. During big energy output the demand for oxygen increases. There is so called 'forced breathing' in swimming. It arises from the necessity to synchronise breathing with certain phases of a motor cycle in a different rhythm than is physiologically natural. A significant difference is to inhale through the mouth not the nose i.e. in another way than in the man's natural environment. Exhalation is performed into water through the mouth and nose to avoid filling nasal sinuses with water [6]. This unphysiological way of breathing allows the air, which is not clean or moisten, to go into an organism. The air omits the nose which is the most important airway and has many crucial functions for the maintenance of homeostasis:

- adds moisture to the inhaled air
- traps foreign particles such as dust, gases, bacteria and viruses
- warms the inhaled air

In nasal mucosa there is a so called defence system. Mucosa is a front-line defence against harmful agents such as bacteria, viruses etc., contains immunology agents and is a place for non specific defence forms to which mucosal-ciliary transport belongs. In nasal mucosa liposomes and lactoferine have antibacterial functions, neutrophils and macrophages have phagocytosis ability, cytotoxic T lymphocytes and B lymphocytes produce secretory IgA which provides a surface defence function against soluble antigens and inflammatory agents [4]. An unphysiological breathing process results in insufficient neutralization of most pathogens in an organism which may lead to more frequent infections of upper airways in swimmers in comparison to sportsmen representing other disciplines. Irritating agents such as water disinfectants in pools - chlorine and other derivative compounds - damage the ciliary apparatus and at the same time impair mucosal-ciliary transport. Impairment or lack of mobility of cilia first occurs clinically in capacity limited areas, mainly in collateral nasal sinuses and middle ear. Mucosedemia of the nose and distinct impairment of ciliary clearance in these areas lead to secretion stasis, air circulation weakness, oxygen decrease, pH changes and changes of mucosa metabolism. In the end impairment of cilia proceeds and dysfunction of secretion occurs that develops bacterial overweight. All unphysiological mechanisms of breathing and affect of irritating agents on nasal mucosa play an important part in developing inflammatory states in people training swimming. A chronic process with permanent impairment of a mucosal-ciliary function often requires limitation on training [2]. Additionally, necessity to take up physical activity in difficult thermal conditions is stressful for an organism. Stress caused by low temperature and prolonged exercise in order to prepare a swimmer for a competition brings on a temporary inhibition of immune system [5].

Objective

The objective of the study is to collect information regarding laryngological diseases in professional swimmers under a variety of training loads applied in changeable environmental conditions and persons swimming for recreation where stressful conditions do not occur. It has been assumed that intensive physical training and different temperature of air and water may affect a general immune systems of swimmers' organisms as well as favouring the spread of inflammation of upper airways.

Material and Method

The study was carried out from April 2004 to April 2005. 64 competitive swimmers (33 women and 31 men) aged 10-25, for both genders, from Flota Gdynia, AZSAWF, MOSIR Sopot swimming clubs and persons swimming recreationally were subject of the research. 53 fourth year students at AWFIS in Gdańsk at the age of 23-24 years participated in a survey.

A diagnostic survey in the form of questionnaire contained personal data and questions regarding circumstances and reasons of an illness and the health consequences.

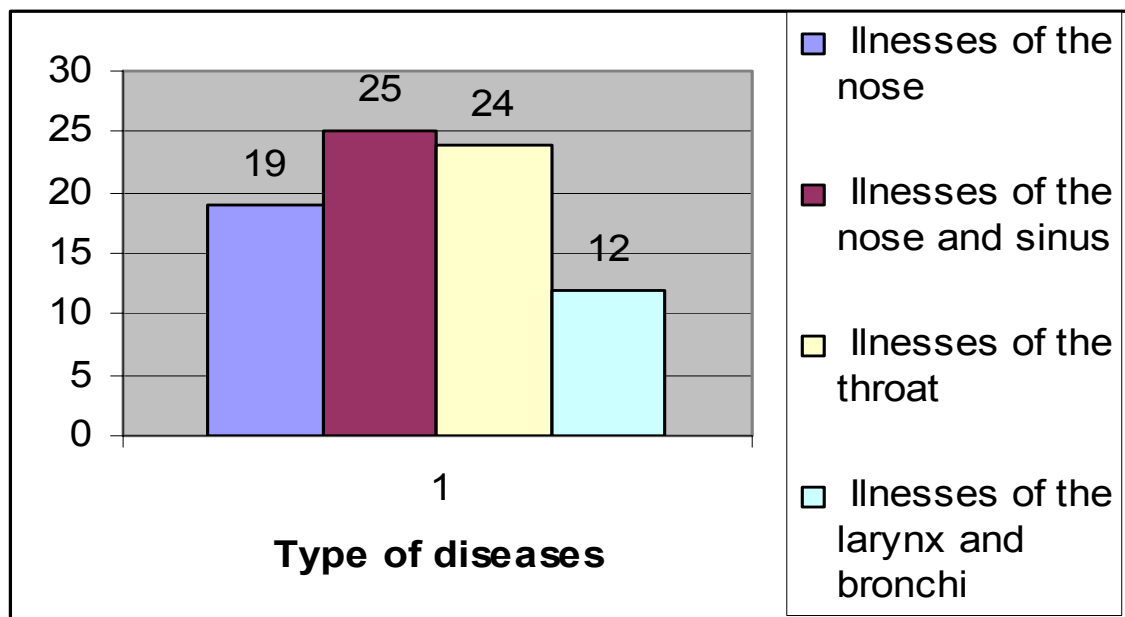
Results

The assessment was based on 64 questionnaires filled in by competitive swimmers and 53 questionnaires filled in by fourth year students at AWFIS Gdańsk. The analysis of the collected data shows that from 64 subjects 39 notified about health troubles which were qualified as recurred chronic illnesses of the ears, nose and sinuses, throat, larynx and bronchi.

Table 1

Presents a detailed analysis of health consequences in swimmers.

Type of Illnesses	Total N=80	Structure index %
Illnesses of the nose	19	23.7
Illnesses of the nose and sinus	25	31.25
Illnesses of the throat	24	30
Illnesses of the larynx and bronchi	12	15
Total	80	100
The ratio of number of diseases to number of sick persons	80/39=2.05	
The ratio of number of diseases to number of subjects.	80/64=1.25	
Number of subjects notifying illness	39	60.93
Number of subjects not notifying illness	25	39.06



Pic.1 Type of illnesses in swimmers

Most often occurred inflammatory states of the nose and sinus (25 cases), then followed illnesses of the throat (24 cases) and the ear inflammation (19).

A detailed analysis of health problems in fourth year students at AWFIS in Gdańsk

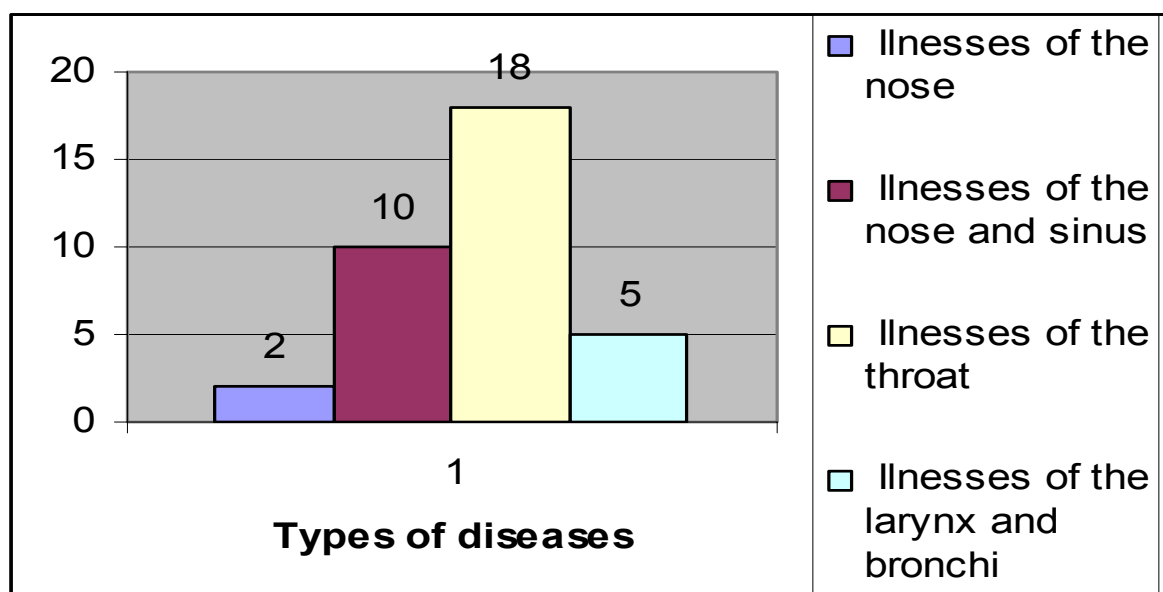
In 53 subjects 18 notified about health problems that were qualified as recurred illnesses of the ears, nose and sinuses, throat, larynx and bronchi.

A detailed analysis of upper airway illnesses is shown in table 2.

Table.2

presents upper respiratory illnesses of fourth year students at AWFIS in Gdańsk.

Type of illnesses	Total N=53	Structure index %
Illnesses of the nose	2	5.71
Illnesses of the nose and sinus	10	28.57
Illnesses of the throat	18	51.42
Illnesses of the larynx and bronchi	5	14.28
Total	35	100
The ratio of number of diseases to number of sick persons	35/18=1.9	
The ratio of number of diseases to number of subjects.	35/53=0.66	
Number of subjects notifying illness	18	33,96
Number of subjects not notifying illness	35	66.04



Pic.2 Types of illnesses in fourth year students at AWFIS in Gdańsk.

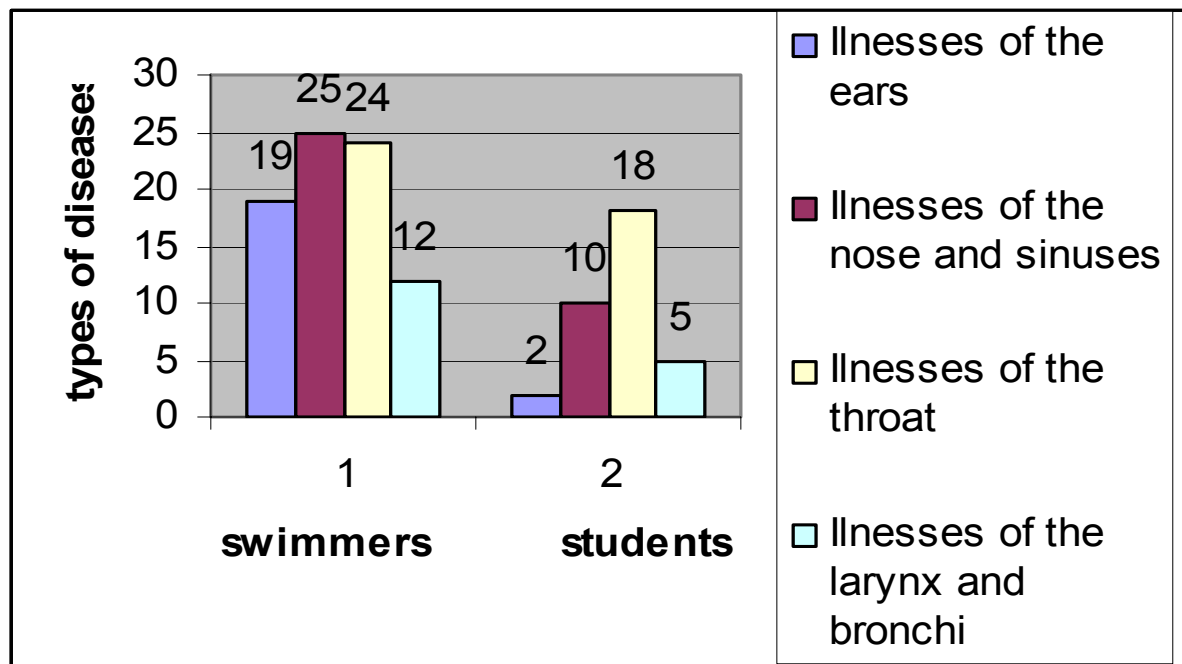
Illnesses of the nose were most frequent cases (18 cases).

Comparison of upper respiratory illnesses between competitive swimmers and students at AWFIS in Gdańsk is shown in table 3.

Tab.3

illnesses in sport swimmers and fourth year students at AWFIS in Gdańsk

Type of diseases	Swimmers Number of illnesses	Swimmers % (percentage of illnesses to total number of illnesses)	Students number of illnesses	Students %
Illnesses of the ears	19	23.75%	2	5.71%
Illnesses of the nose and sinuses	25	31.25%	10	28.57%
Illnesses of the throat	24	30%	18	51.42%
Illnesses of the larynx and bronchi	12	15%	5	14.28%
Total	80	100%	35	100%



Pic.3 Illnesses that occur both in sport swimmers and fourth year students at AWFiS in Gdańsk.

A comparative analysis of AWFiS students with sport swimmers revealed that sportsmen more often fall in with upper respiratory illnesses (60.93%) than students swimming for recreation only (33.96%).

The foregoing proves that over half of the swimmers have problems with recurrent inflammations of upper respiratory passages. That means they are unable to adjust themselves in 100% to training cycles.

In most cases the subjects suffered from the nose and sinuses diseases (31.25%), in student subjects it was 28.57%. However, the nose diseases outnumbered in swimmers (23.75%) and in students it was only 5.71%. The throat diseases were most frequent in students (51.4%) than in swimmers (30%). In both groups of the subjects the percentage of the larynx and bronchi illnesses was similar – 15% in swimmers and 14.28% in students.

Conclusion

1. Competitive swimmers more often have infections of upper respiratory passages than individuals swimming for recreation only.
2. In competitive swimmers the nose and sinus and the nose and throat infections predominate in contrast to students swimming as a hobby.
3. Training swimmers have higher predispositions to get infections of upper respiratory passages due to an unphysiological breathing process and irritation of mucosa by the chlorinated water of a pool.
4. Increased motor activity under a burden of thermal conditions (low temperature) and prolonged effort increase stress and negatively affect the immune system.
5. Long-lasting illness symptoms require significant limitation on swimming training.

References :

1. Jerzemowski J., 2003, Znaczenie infekcji górnych dróg oddechowych w aspekcie przydatności do nurkowania (maszynopis, referat wygłoszony na Konferencji PTA Gdańsk 2003)
2. Krzeski A., 2003, Choroby nosa i zatok przynosowych, Urban & Partner, 43-68.
3. Kuński H.: 2002, Trening zdrowotny osób dorosłych, Agencja Wydawnicza Med. Sport Press, Warszawa.
4. Peters E., 1997, Wysięk fizyczny a zakażenia górnych dróg oddechowych, *Medicina Sportiva* vol. 1, No 4, 215-223.
5. Pokrzywka L., 2002, Wpływ wysiłku fizycznego na układ odpornościowy sportowców wyczynowych, *Medicina Sportiva*, 20
6. Wade B., 2003, Pływanie sportowe i ratunkowe, Gdańsk, 13-27
7. Zeman V., 2003, Aktywność fizyczna w chłodnym Środowisku, *Medicina Sportiva Practica*, Tom 4, nr 1, 4-8.

Recenzent: dr hab. med. Janusz Jerzemowski

Autor:

Dorota Szyszko-Maziuk
Academy of Physical Education and Sport
Gdańsk

Ryszard Klos

POZYSKIWANIE DANYCH I PROJEKTOWANIE EKSPERYMENTÓW W TECHNICIE NURKOWEJ

Inwestowanie w prace prowadzone metodą błędzenia przypadkowego najczęściej jest nieopłacalne, dlatego poszukiwanie optymalnych i użytecznych rozwiązań wymaga szybkiego prowadzenia efektywnych badań. W ich planowaniu pomocne mogą być metody statystyki matematycznej. Materiał zawarty w artykule opracowano w ramach pracy pt.: „System głębokowodnych nurkowań trimiksowych¹”.

Słowa kluczowe: projektowanie eksperymentów.

Investing in research using the method of accidental erring is most often highly unprofitable due to the need for quick and efficient tests and decisions. That is why today scientists look for optimal and more efficacious statistical methods for research design. This paper presents the result of a project entitled: “Deep Diving Trimix System”, sponsored by the Naval Academy, Gdynia.

Key words: design of experiments.

Wstęp

Najczęściej metody projektowania eksperymentów w technice nurkowej są kojarzone z badaniami nad procesem dekompresji. W istocie, znajdują one szerokie zastosowanie przy badaniach dekompresji, lecz są użyteczne także przy badaniach nad nowymi systemami technicznymi wykorzystywanymi w technice nurkowej. Historycznie to właśnie badania przemysłowe przyczyniły się do rozwoju metod planowania eksperymentów.

Historia rozwoju metod planowania eksperymentów

Statystyczne metody projektowania zapoczątkował *Sir Ronald A. Fisher*, który opracował metodę nazywaną analizą wariancji uważaną za historycznie pierwszą. Ważnymi kontynuatorami tej dziedziny wiedzy byli *F. Yates*, *R.C. Bose*, *W.G. Cochran*, *R.M. Mayers*, *J.S. Hunter*, *W.G. Hunter*, *G.E.P. Box*. Ciekawe spojrzenie na tę problematykę zastosował *A. Wald* twórca analizy sekwencyjnej i ogólnej teorii decyzji. Podejście to jednak nie znalazło uznania u *Fishera* i jego uczniów [9]. Do dnia dzisiejszego trwa spór o uwzględnienie błędów *II-rodzaju* i związaną z tym moc wnioskowania statystycznego, gdyż ich powszechne uznanie mogłoby zaowocować odrzuceniem wniosków z wielu prac naukowych [15].

Początkowo wiele aplikacji statystycznych metod projektowania eksperymentów dotyczyło nauk biologicznych. W latach trzydziestych XXw. pojawiły się zastosowania techniczne w brytyjskich fabrykach tekstylnych. Po II-Wojnie Światowej metody te zostały wprowadzone do przemysłu chemicznego oraz w odniesieniu do wielu

¹praca własna finansowana przez Akademię Marynarki Wojennej w Gdyni

procesów technologicznych w Stanach Zjednoczonych i Europie Zachodniej. Obecnie metody te zostały szeroko rozwinięte przez nauki społeczne, medyczne oraz ekonomiczne. Ekonometria przyczyniła się do znacznego postępu w tej dziedzinie. Jej wpływ na postęp w statystyce matematycznej jest na tyle duży, że zastosowanie nowego podejścia statystycznego do procesów chemicznych nazwano przez analogię do niej – *chemometrią* [1].

Badania nad nowymi tabelami dekompresyjnymi

Systematyka i opis zjawisk towarzyszących dekompresji jest sprawą skomplikowaną ze względu na brak precyzyjnych metod pomiarowych monitorujących procesy zachodzące w tkankach żywego organizmu. Matematyczne sposoby opisu dekompresji odzwierciedlają jedynie część zachodzących podczas niej zjawisk. Opis taki polega najczęściej na możliwie jak najdokładniejszym dopasowaniu do danych eksperymentalnych stosunkowo prostej funkcji matematycznej. Takie modele matematyczne należy traktować jedynie jako sposób przewidywania programu dekompresji, nie zaś jako model zachodzących podczas niej procesów fizjologicznych [10].

Modelowanie i ocena bezpieczeństwa dekompresji

Modele matematyczne dekompresji bazują na różnych podstawach teoretycznych. Jeśli nie istnieją przesłanki pochodzące z eksperymentów, to zastosowanie konkretnego modelu opiera się na odczuciach subiektywnych. Najczęściej, ze względu na małą liczbę danych z eksperymentów oraz niekompletność i niespójność opisu matematycznego dekompresji² powodującą trudności już przy wyborze najistotniejszych parametrów do monitorowania a później interpretacji otrzymanych wyników, modele deterministyczne³ są coraz częściej zastępowane modelami probabilistycznymi. Modele te mogą być w naturalny sposób zastosowane do zjawisk występujących w sposób probabilistyczny⁴, dla których nie musi być znany mechanizm ich występowania. Niezależnie od zastosowanego modelu dekompresji, probabilistyczny opis reakcji⁵ na zastosowaną dawkę jest częstym sposobem oceny bezpieczeństwa tabel dekompresyjnych.

Wnioskowanie statystyczne powinno być przeprowadzone na podstawie laboratoryjnych nurkowań eksperymentalnych. Wnioskowanie na podstawie danych z nurkowań prowadzonych w warunkach normalnej eksploatacji systemu jest mało celowe z wielu względów. Przede wszystkim, w warunkach prowadzenia rzeczywistych nurkowań nie jest możliwe utrzymywanie stałych parametrów nurkowania⁶. Często do określenia profilu dekompresji bierze się największą osiągniętą głębokość⁷ lub następną większą. Korzystając zaś z dekompresjometru wybierany jest w pewien zaprogramowany sposób uśredniony profil wykonanego nurkowania. Interpretacja tak uzyskanego materiału jest kłopotliwa. Podczas nurkowania w warunkach rzeczywistych uwzględnia się często wpływ utrudnień według ustalonych procedur dopuszczających jednak pewne granice dowolności. Bez dokładnej wiedzy o zastosowanych sposobach

² najczęściej są to modele empiryczne lub półempiryczne

³ przyczynowo-skutkowe

⁴ związany z pojęciem prawdopodobieństwa; w odróżnieniu od losowości, do której nie zawsze da się zastosować reguły prawdopodobieństwa

⁵ odpowiedzi

⁶ np. głębokość podczas rzeczywistego nurkowania może się zmieniać według bardzo skomplikowanej funkcji czasu w stosunkowo szerokim zakresie

⁷ o ile taka istnieje w tabelach

łagodzenia reżimu dekompresji⁸, interpretacja wyników może prowadzić do mylnych wniosków.

Zbieranie danych poprzez prowadzenie nurkowań eksperymentalnych

Zbieranie danych na temat dekompresji, realizowane poprzez prowadzenie nurkowań eksperymentalnych w komorach dekompresyjnych jest trudne, kosztowne, czasochłonne, czasami kontrowersyjne i niejednoznaczne. Jest to jednak, jedyna droga do otrzymania wiarygodnych wyników, gdyż korzystanie z wyników nurkowań rzeczywistych prowadzić może do sformułowania błędnych wniosków. Nie należy testować systemu, pod względem bezpieczeństwa, w fazie wdrażania⁹ lub użytkowania systemu [6].

Przekazanie użytkownikowi systemu nurkowego bez gruntownego laboratoryjnego sprawdzenia jest działaniem nieodpowiedzialnym z humanitarnego punktu widzenia. Często zdarza się, że szkodliwość systemów objawia się skutkami opóźnionymi¹⁰ i są to często skutki o działaniu kumulacyjnym. Można, więc zaryzykować twierdzenie, że niebezpieczeństwo takiego systemu może się nie ujawnić podczas jego normalnej eksploatacji, gdy podczas prac nurkowych dostatecznie często będzie wymieniana ekipa nurków¹¹. Na dużą liczbę osobonurkowań może wtedy przypadać względnie mała liczba przypadków chorobowych¹², choć system może być niebezpieczny i będzie on „produkował inwalidów”, ale z opóźnieniem. Będzie trudno udowodnić, że uszczerbek na zdrowiu nurków powstał w związku ze złym systemem nurkowym gdyż będzie on miał bardzo dobrą statystykę bezwypadkowych osobonurkowań. Oczywiście, nie należy rozumieć, że podczas fazy laboratoryjnego sprawdzania taka sytuacja jest wykluczona, lecz jest o wiele mniej prawdopodobna, ze względu na lepsze ich zabezpieczenie aparaturowe¹³ i ludzkie¹⁴, które umożliwia wychwycenie drobnych odstępstw od poczynionych założeń. Oprócz tego dokumentacja takich prac jest z reguły pełniejsza.

Jednostki eksploatujące system nurkowy nie są zainteresowane ujawnianiem przypadków chorób nurkowych ze względu na świadczenia odszkodowawcze. Dlatego, drobne dolegliwości nurków często leczone są bez odpowiedniego ich dokumentowania lub wręcz są one lekceważone. Nurkowie zawodowi nie są zainteresowani ujawnianiem drobnych dolegliwości, gdyż jest na nich wywierana presja przełożonych i środowiska nurkowego, związana z utratą dobrze płatnej pracy i możliwością otrzymania tzw. „wilczego biletu”¹⁵. Nurkowie dyssymulują, nie przyznając się do dolegliwości lub je bagatelizują. Z tego powodu masa naukowego materiału statystycznego może być tracona a nurkowie mogą odczuwać skutki przebytych drobnych, kumulujących się incydentów dekompresyjnych dopiero po latach.

Zdarzają się w historii udokumentowane przypadki wyjątkowej odporności osobniczej na złe warunki nurkowania¹⁶. Jednostki nurkowe zainteresowane są doбором ludzi o wyjątkowej odporności i dobrym zdrowiu, silnych fizycznie itp. Dlatego, dane będące owocem testowania systemu nurkowań na bazie firm komercyjnych czy

⁸postępowanie związane z łagodzeniem reżimu dekompresji określane jest jako *konserwatywizm*

⁹np. w fazie nadzoru autorskiego, czy prowadzenia nurkowań zgrywających zespół

¹⁰uszkodzeniami ujawniającymi się po latach

¹¹na młodszych, bez tzw. przeszłości nurkowej, o sprawdzonym zdrowiu, i dobrze wytrenowanych; np. co roku, jak w systemie służby poborowych

¹²zwłaszcza tych o kumulacyjnym mechanizmie działania

¹³aparatura naukowa

¹⁴specjaliści-naukowcy

¹⁵żadna firma nurkowa nie przyjmie nurka, o którym rozpuszczono plotkę, że ma osobnicze skłonności do zapadania na choroby nurkowe, czyli jest tzw. „delikatnego zdrowia”

¹⁶np. Lambert [5]

jednostek wojskowych mogą być przekłamywane przez mało reprezentatywny dobór nurków eksperymentalnych.

Część danych jest także przekłamywana poprzez stosowanie przez doświadczonych nurków i kierowników robót nurkowych własnych „patentów”¹⁷. Nie są oni także zainteresowani stosowaniem najgorszych, przewidzianych w technologii okoliczności, dlatego niejednokrotnie nie są one sprawdzane w ogóle. Natomiast wtedy, gdy nagle należy ich użyć¹⁸ mogą zawieść. Niejednokrotnie może dochodzić do „naciągania” czasów pobytu nurków na głębokości tak, aby nurek mógł więcej zarobić i aby uzasadnionym było przyjęcie dłuższej dekompresji przez ostrożnych kierowników nurkowania.

Z reguły przebieg nurkowania rzeczywistego nie jest profilem gładkim oraz jest on zawyżany do najbliższej wyższej wartości ciśnienia¹⁹ i czasu pobytu. W ten sposób otrzymuje się wyniki, których niejednokrotnie nie wolno porównywać ze sobą bądź łączyć w grupy tych samych profili nurkowania²⁰.

Jedynym sposobem, przynajmniej częściowego zapobieżenia zafałszowywaniu wyników podczas badań systemów nurkowych, może być zaufanie sumieniu i dociekliwości badaczy. To pod ich kierunkiem, korzystając z ich doświadczenia, wspomaganym aparaturowo zasad naukowego postępowania, w odtwarzalnych²¹ warunkach, można zebrać wiarygodny materiał.

Metoda

Eksperyment

Zdobywanie wiedzy to proces kierowanego uczenia się. Często proces poznawczy prowadzony jest w oparciu o eksperymenty mające na celu odkrycie interesujących właściwości systemu lub zachodzącego w nim procesu poprzez ustalenie i badania jego modelu²². Bardziej formalnie *eksperyment* to test lub seria testów, w których celowo dokonywane są zmiany wartości wejściowych systemu lub zachodzącego w nim procesu dające możliwości obserwowania oraz identyfikację jego reakcji na te zmiany.

¹⁷zalecana technologia jest przez nich modyfikowana na własną rękę

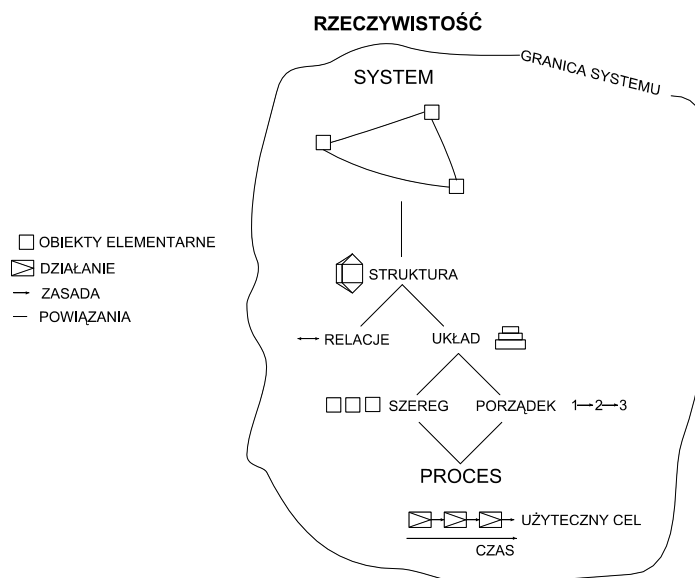
¹⁸np. w przypadkach awaryjnych

¹⁹głębokości

²⁰tw. blokowanie – porównaj w dalszej części rozdziału

²¹laboratoryjnych

²²*model* jest przedstawieniem systemu lub zachodzącego w nim procesu w formie uproszczonej tak, aby zachowywał się analogicznie do rzeczywistego systemu w zakresie interesujących badacza właściwości



rys.1. Graf przedstawiający zależności pomiędzy systemem i przebiegającym w nim procesem

Przy eksperymentowaniu, często używa się pojęć systemu i procesu. Pojęcia te są podstawowymi w *analizie systemowej*, stanowiącej zbiór metod analitycznych, oceny i decyzyjnych służących do badania cech obiektów i ich struktury w celu racjonalnego rozwiązania problemowych sytuacji decyzyjnych [18,19]. W języku tej teorii *system* to obiekt złożony z obiektów elementarnych stanowiących wraz z powiązaniem między nimi wyróżnioną z badanej rzeczywistości całość – **rys.1**.

Układ i relacje pomiędzy elementami systemu stanowi jego *strukturę*. *Układ* to szereg przedmiotów, zdarzeń, działań itp., uporządkowanych według ściśle określonych zasad. Wyróżniony w systemie układ działań uporządkowany przyczynowo, przebiegający w określonym czasie, stanowiący studium rozwoju czegoś stanowi *proces*. Proces taki jest celowym działaniem człowieka nastawionym na użyteczny cel w odróżnieniu od procesów naturalnych.

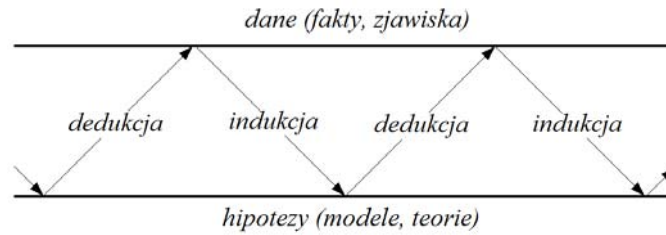
Metody planowania eksperymentów znalazły szerokie zastosowanie w wielu dyscyplinach, gdyż działalność eksperymentalną należy traktować jako część procesu naukowego poznania właściwości systemów. Proces ten ma charakter iteracyjny²³, planowanego zdobywania wiedzy na temat budowy i zasady działania systemu – **rys.2** [2]. Wstępna hipoteza²⁴ leży u podstaw procesu dedukcji²⁵ prowadzącego do wniosków będących konsekwencją porównania z danymi. Jeśli hipoteza nie została potwierdzona to jest ona modyfikowana w procesie indukcji²⁶. Następny cykl przebiega podobnie, przy czym dane do wnioskowania mogą być w tym czasie uzupełniane.

²³czyli wielokrotnego powtarzania przyjętej operacji

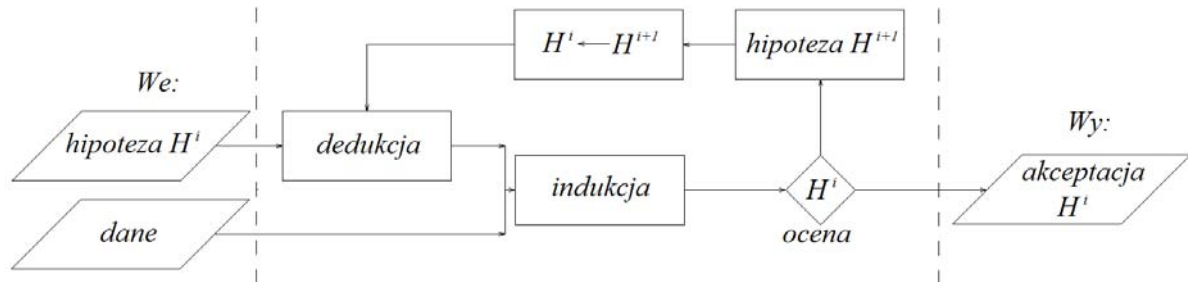
²⁴*hipoteza* rozumiana jest tutaj jako założenie oparte na prawdopodobieństwie, wymagające sprawdzenia, mające na celu odkrycie nieznanego zjawiska lub prawa

²⁵*dedukcja* to metoda wnioskowania polegająca na dochodzeniu od ogółu do szczegółu polegająca na uzasadnieniu jakiejś tezy przez wskazanie tezy uważanej za prawdziwą, z której ona logicznie wynika

²⁶*indukcja* to rozumowanie polegające na wyprowadzeniu wniosków ogólnych z przesłanek będących szczególnym przypadkiem tych wniosków, czyli jest to metoda badawcza prowadząca do uogólnień na podstawie eksperymentów i obserwacji faktów oraz formułowania i weryfikacji hipotez



rys.2. Model badania naukowego jako proces iteracyjny



rys.3. Model procesu kierowanego uczenia się przedstawiony jako pętla ze sprzężeniem zwrotnym

Proces ten można przedstawić także w postaci pętli *sprężenia zwrotnego* rozumianego jako uzależnienie działania na badany proces od zmian w nim zachodzących²⁷ – **rys.3**.

Rola projektu eksperymentu

Zwykle proces zdobywania danych eksperymentalnych jest wydajniejszy, gdy można ocenić wpływ kilku parametrów jednocześnie. Projekt eksperymentu powinien być podzielony na cykle²⁸ – **rys.3**. Każdy cykl eksperymentalny generowany jest z nowym planem eksperymentu.

Proces badawczy, w którym możliwe jest potwierdzenie hipotezy H^{i+1} jeśli hipoteza H^i nie jest wystarczająco satysfakcjonująca wraz z uzupełnieniem bazy danych w czasie projektowanego eksperymentu pokazano na **rys.4**. Od aktualnej hipotezy H^{i+1} zależy wybór projektu eksperymentu, który pozwoli na przeszukanie nierozpoznanego rejonu natury lub wytworów działalności ludzkiej, którego eksploracja przyczyni się do poznania badanego systemu i rozwoju wiedzy na jego temat. Na **rys.4** pokazano projekt eksperymentu w postaci ruchomej przesłony, przez którą dociera do eksperymentatora mniej lub bardziej zaszumiony strumień informacji o właściwościach badanego zjawiska. Schemat ten pokazuje także, że choć hipoteza H^{i+1} może być błędna lub nieadekwatna, to dane pochodzące ze zbioru prawdziwych właściwości natury lub wytworów działalności ludzkiej będą wymuszały w procesie badawczym poprawę stawianych hipotez²⁹.

Cały czas należy jednak pamiętać, że u podstaw iteracyjnego procesu zdobywania wiedzy leży założenie o adekwatności zaplanowanych eksperymentów³⁰. Stąd umiejętność planowania eksperymentów jest niezwykle istotną przesłanką do

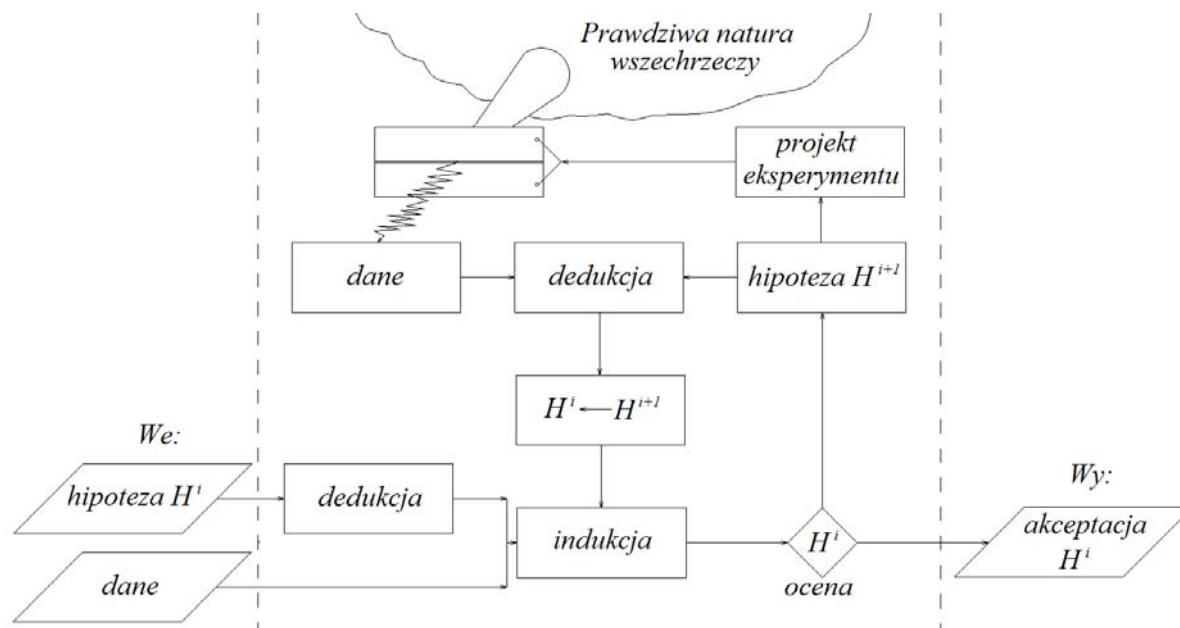
²⁷oddziaływanie skutku na przyczynę

²⁸gdyż nie zawsze dotyczy on nowych badań a jedynie uściślenia lub walidacji kolejnego podejścia iteracyjnego

²⁹w wyniku procesu porównywania ich z wiedzą o systemie lub zachodzącym w nim procesie, pochodzącą z uaktualnianych zbiorów danych

³⁰jest to warunek podstawowy efektywnego poznawania rzeczywistości

rozwoju naukowego a przez to postępu technicznego, który jest jednym z motorów zaspokajania potrzeb, wzrostu zasobności społeczeństwa i jego pozycji na świecie.



rys.4. Schemat procesu zdobywania wiedzy na temat przedmiotu poznania na podstawie planowania kolejnych eksperymentów

Problemy poznawcze

Istnieją trzy typowe źródła problemów napotykanymi w procesie poznawczym. Należy do nich nieodłączna propagacja³¹ błędów pomiarowych, występowanie nieznanymi interakcji oraz złożoność rozpatrywanych systemów. Uciążliwość tych problemów można łagodzić przez zastosowanie metod statystycznych umożliwiających określenie precyzji³² wyznaczenia szacowanych efektów, stwierdzenia występowania interakcji czy upraszczania złożoności struktury badanego systemu.

Błędy pomiarowe

Błędy pomiarowe to zakłócające wpływy znanych i nieznanymi czynników na wyniki obserwacji. Choć zwykle, jedynie część niepewności wyznaczenia wartości danej wielkości pochodzi bezpośrednio z propagacji błędów podczas procesu pomiarowego, to jednak błąd pomiarowy może całkowicie lub częściowo maskować ważne procesy przebiegające w badanym systemie. Zakłócenia takie mogą także przyczynić się do odkrycia procesów, które w rzeczywistości nie mają miejsca. Efekty te mogą być minimalizowane przez adekwatne planowanie eksperymentów i metod analizy danych. Charakteryzują się one szczególnie możliwością rozstrzygnięcia czy istnieją przesłanki do stwierdzenia o istotnym lub zerowym wpływie rozpatrywanego czynnika na system lub przebiegający w nim proces. Możliwość ta zwiększa prawdopodobieństwo podążania do prawdy bez zbędnego błędzenia przypadkowego.

Interakcje

Interakcje stanowią istotny element badania systemów. Występują one pomiędzy dwoma lub większą liczbą czynników wtedy, gdy wpływ jednego czynnika na wartość wyjściową zależy od wartości innych czynników. Wyklucza to możliwość oceny

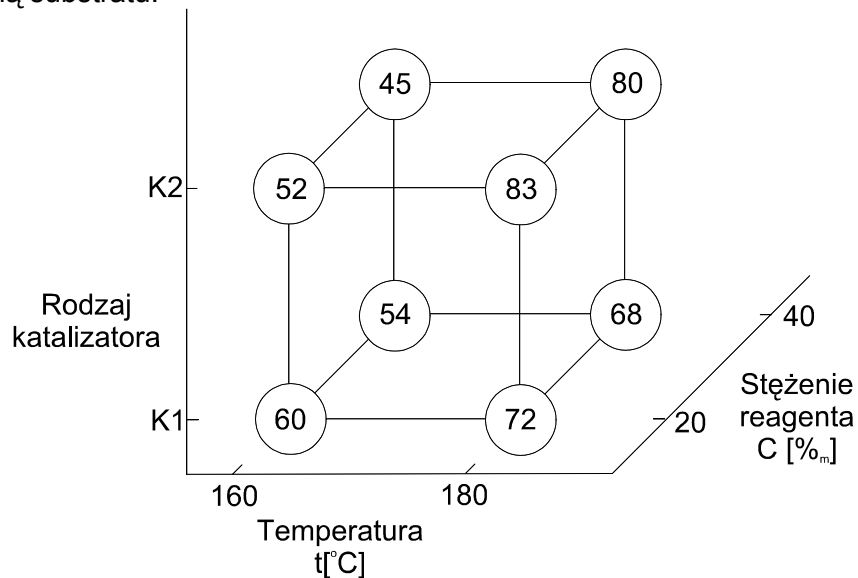
³¹rozprzestrzenianie się

³²np. poprzez wyznaczenie przedziału ufności

wywieranego wpływu przez dany czynnik bez uwzględnienia jednoczesnego wpływu innych³³.

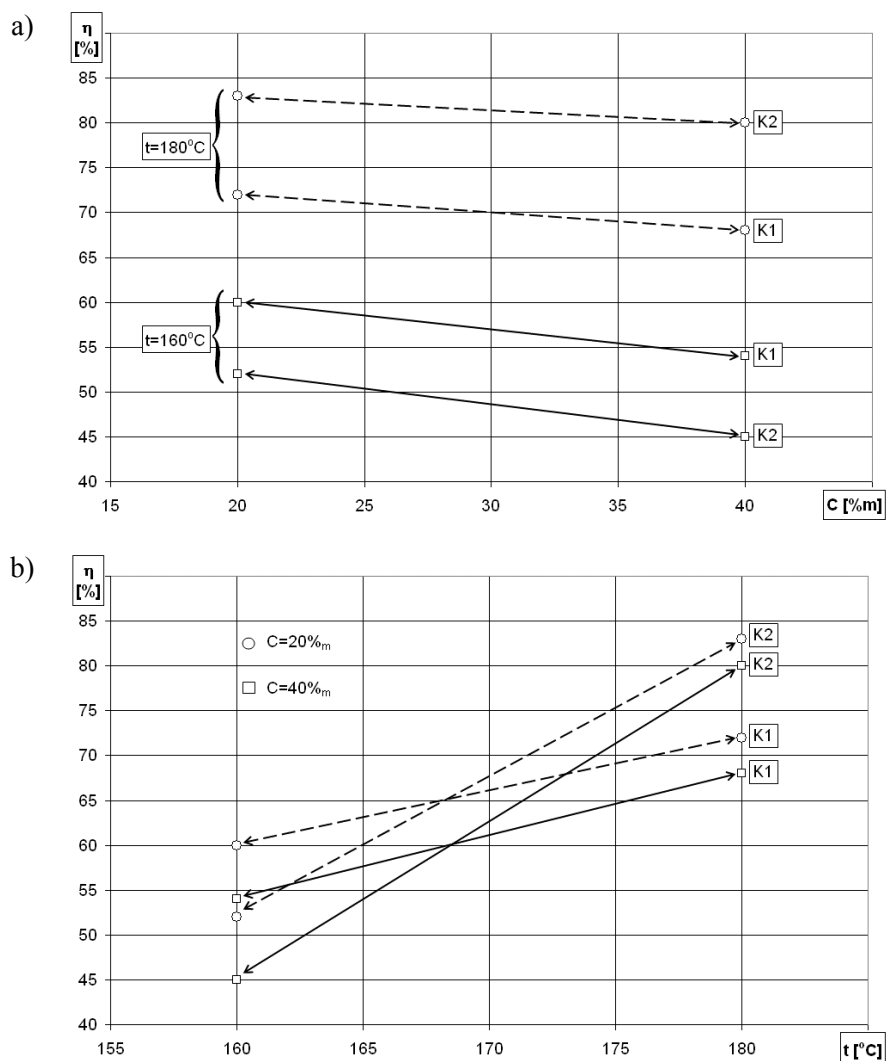
Na **rys.5** pokazano przykładowe wyniki badań wydajności reakcji katalitycznej realizowanej przy wykorzystaniu dwóch rodzajów katalizatora dla dwóch różnych stężeń reagenta oraz w dwóch różnych temperaturach reakcji. Na **rys.6** pokazano wykresy wydajności reakcji w funkcji stężenia (**rys.6a**) i temperatury (**rys.6b**) dla każdego rodzaju katalizatora oddzielnie. Połączenie wyników pomiarów linią prostą nie przesądza występowania tutaj zależności liniowej, lecz zostało ono wprowadzone celem lepszego zobrazowania kierunku zachodzących zmian wydajności reakcji przy skokowej zmianie parametrów procesu [8].

Na podstawie **rys.6a** można wysnuć wniosek, że linie zmian wydajności reakcji katalizy od stężenia reagenta dla zastosowanych katalizatorów są równoległe. Stosunkowo duża zmiana stężenia reagenta z 20%_m do 40%_m powoduje w przybliżeniu proporcjonalnie to samo zmniejszenie wydajności dla obu zastosowanych katalizatorów. Występowanie linii równoległych jest graficznym obrazem braku interakcji pomiędzy dwoma czynnikami, w tym przypadku rodzajem katalizatora i zawartością substratu.



rys.5. Wyniki badań wstępnych reakcji katalizy

³³w przypadku występowania interakcji, uwikłane w nią czynniki nie mogą być oceniane oddzielnie



rys.6. Wyniki badań wstępnych reakcji katalizy

W odróżnieniu od poprzedniego przypadku, na **rys.6b** obserwuje się inny trend. Wydajność reakcji wraz ze wzrostem temperatury z poziomu 160°C do 180°C nieznacznie rośnie przy wykorzystaniu katalizatora *K1*, natomiast dla katalizatora *K2* ten wzrost jest znacznie szybszy. Dla temperatury 160°C większą wydajność reakcji obserwuje się przy wykorzystaniu katalizatora *K1*, jednak dla temperatury 180°C jest ona znacznie mniejsza niż przy wykorzystaniu katalizatora *K2*. **Rys.6b** jest graficznym obrazem występowania interakcji w systemie. Widać stąd, że zastosowanie linii do wyróżnienia kierunków zmian jest celowe, lecz nie może być w żadnym wypadku utożsamiane z zależnością funkcyjną, która w ogólności może być dowolna.

Podsumowując można stwierdzić, że efekt zmiany temperatury na wydajność reakcji zależy dodatkowo od tego, który z katalizatorów został użyty. Jeśli reaktor pracuje w 160°C , to katalizator *K1* jest w tych warunkach bardziej aktywny, zaś w 180°C zastosowanie katalizatora *K2* powoduje wyższą wydajność reakcji. W konsekwencji, trudno zdecydować o roli jednego parametru bez podania wartości drugiego z nich. Pomimo tego, że średnia wydajność reakcji przy wykorzystaniu katalizatora *K2* jest wyższa ($\eta=65,0\%$) od *K1* ($\eta=63,5\%$) nie można stwierdzić, że katalizator *K2* będzie zawsze preferowany, gdyż decyzja o wyborze rodzaju katalizatora zależy będzie od preferowanej temperatury procesu katalitycznego.

Występowanie interakcji najczęściej badane jest graficznie. Poszczególne poziomy odpowiedzi systemu łączy się linią łamaną. Wszelkie różnice w nachyleniu odcinków dają podstawę do podejrzenia o występowanie interakcji. Postępowanie takie w praktyce uważa się za równoważne z wnioskowaniem statystycznym. Oczywiście, obserwowane różnice w nachyleniu muszą być dostatecznie duże, aby odróżnić wpływ rzeczywisty parametru od normalnej, występującej w sposób losowy zmienności³⁴ występującej podczas prowadzenia rzeczywistych eksperymentów.

Nie tylko występowanie interakcji komplikuje proces badawczy, lecz także występowanie wątpliwej korelacji pomiędzy zjawiskami może powodować powstanie błędów grubych, czyli pomyłek [4]. Przykładowo podana przez *G.Fischera* zależność populacji Oldenburga vs liczba obserwowanych w pobliżu bocianów w ciągu 7lat obserwacji wykazała znaczną korelację choć związek ten jest raczej wątpliwy [2].

Złożoność systemu

Ludzka percepcja jest w stanie ogarnąć jedynie stosunkowo proste systemy w porównaniu do naszych potrzeb. Aby zrozumieć bardziej skomplikowane, zmuszeni jesteśmy je dzielić i analizować³⁵ jako podsystemy a następnie syntetyzować³⁶ pozyskaną w ten sposób wiedzę³⁷.

Modelowanie

W fizyce obowiązują dwa podstawowe *paradygmaty*³⁸ rozumiane tutaj jako przyjęty sposób widzenia rzeczywistości w danej dziedzinie. Paradygmat *Leonarda Eulera* mówiący o tym, że większość zjawisk fizycznych daje się modelować za pomocą równań różniczkowych znany jest od XVIII w. Drugim, stosunkowo młodym, jest statystyczna analiza wielkości uśrednionych zajmująca się zjawiskami chaosu definiowanego jako stochastyczne³⁹ zachowanie występujące w układzie deterministycznym. W naukach eksperymentalnych wspomniane paradygmaty są wszechobecne. Powszechnego zastosowania drugiego z nich dowodzi chociażby fakt, że jedynie mianowana wartość z podaną jej niepewnością stanowi użyteczną informację.

Zdobywanie *wiedzy*, czyli ogółu wiadomości o przedmiocie poznania, odbywa się poprzez poznawanie obiektów stanowiących przedmiot tego poznania. Obiekty te stanowią systemy lub zachodzące w nich procesy wyodrębnione z poznawanej rzeczywistości – **rys.7**. Ich dogłębne poznanie odbywa się poprzez tworzenie *modeli* opisujących wyidealizowane zjawisko⁴⁰ będące kopią lub wzorcem danego systemu lub procesu – **tab.1**.

³⁴rozproszenia

³⁵*analiza*, zapoczątkowana przez *Kartezjusza*, rozumiana jest tutaj jako myślowe wyodrębnienie podsystemów badanego systemu w celu badania cech jego elementów lub struktury oraz zachodzących między nimi związków

³⁶*synteza* rozumiana jest tutaj jako łączenie przebadanych wcześniej podsystemów celem wnioskowania o powstałym w ten sposób systemie jako całości

³⁷Takiemu podejściu przeciwstawia się *holizm* zapoczątkowany przez *J.Ch.Smutsa* a będący teorią głoszącą, że całość nie da się sprowadzić do sumy części. Całkowitym podejściem do pozyskiwania wiedzy charakteryzują się takie teorie, jak zapoczątkowana przez *L. von Bertalanffy* teoria systemów, cybernetyka przez *N. Wienera*, synergetyka przez *H. Hakena*, teoria katastrof przez *R.Thoma* [11]

³⁸łac. paradigma – przykład, wzór

³⁹słowo stochastyczny jest pochodzenia greckiego i znaczy tyle, co „zręczny w dążeniu do celu”, wyrażając ideę użycia praw rządzących przypadkiem dla korzyści osobistych [16]

⁴⁰Bez tworzenia modeli nie jesteśmy w stanie analizować otaczającej nas rzeczywistości gdyż jest ona dla nas zbyt skomplikowana. W wielu przypadkach nie ma też potrzeby korzystania ze skomplikowanych modeli, gdyż możliwa jest analiza systemu lub przebiegającego w nim procesu na podstawie prostszych

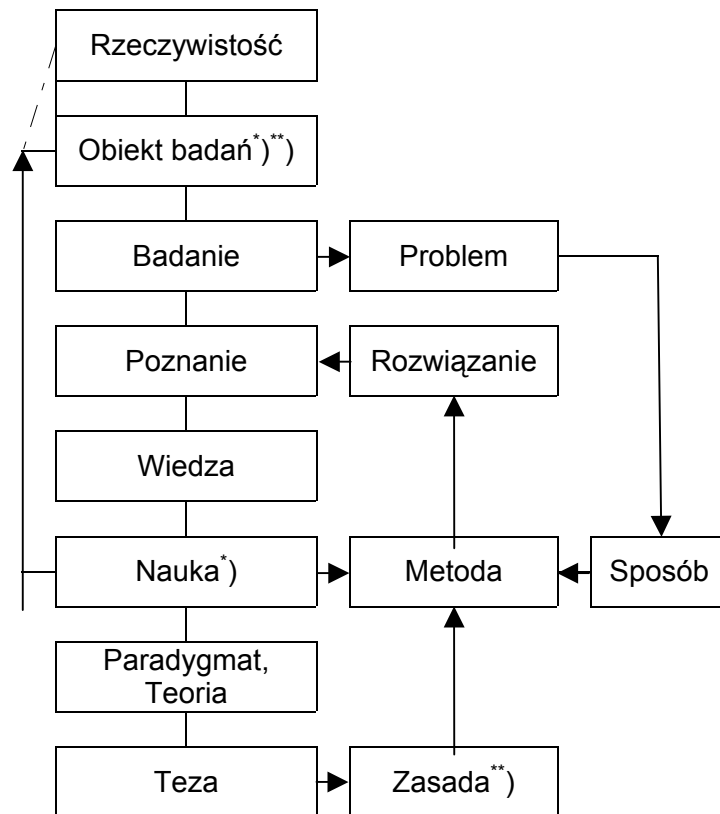
Istnieje wiele podziałów częściej stosowanych modeli. Najważniejszymi, z punktu widzenia zastosowań, są *modele matematyczne* rozumiane jako deterministyczny opis matematyczny zachodzących zależności pomiędzy wielkościami⁴¹ określającymi obiekt badań.

W analizie systemowej istotne są także *modele cybernetyczne* stanowiące układ względnie odosobniony, możliwie mało skomplikowany, działający analogicznie do oryginału⁴². A przy prowadzeniu działalności badawczej coraz częściej *modele ekonomiczne* stanowiące konstrukcję myślową obejmującą układ założeń przyjętych w ekonomii dla uchwycenia najistotniejszych cech i zależności występujących w danym procesie ekonomicznym. Modele cybernetyczne wykorzystywane są często przy organizowaniu eksperymentów. Natomiast modele ekonomiczne odgrywają podstawową rolę przy rozległych programach badawczych czy rozległych inwestycjach.

jego wersji. Stopień uproszczenia oraz wybór parametrów poznania, które będą odwzorowane w modelu zależą od celu, dla którego jest on tworzony [3].

⁴¹fizycznymi, biologicznymi, ekonomicznymi itp.

⁴²może nim być istota żywa, maszyna, zakład przemysłowy, organizacja społeczna itp.



Rzeczywistość-co rzeczywiście, obiektywnie istnieje

Obiekt-przedmiot poznania i działania człowieka

Przedmiot-wyróżniony, postrzegany jako całość, odrębny element rzeczywistości

Badanie-dokładne, gruntowne *poznanie*

Problem-kwestia do rozstrzygnięcia

Poznanie-zdobycie lub zdobywanie *wiedzy o przedmiocie poznania*

Rozwiązanie-sposób załatwienia czegoś

Wiedza-ogół wiadomości o *przedmiocie poznania* stanowiący *zasób*

Nauka-ogół *wiedzy* ułożony w *system* zagadnień wyrażony w teoriach stanowiących osady prawdziwe i przypuszczenia

Sposób-określona forma wykonania, ujęcia czegoś;

Metoda-powtarzalny sposób staje się *metodą*

Paradygmat-przyjęty sposób widzenia rzeczywistości w danej dziedzinie

Teoria-ogólna koncepcja oparta na poznaniu i zrozumieniu istotnych czynników kształtujących pewien wycinek *rzeczywistości*

Teza-to co zostało uznane za pewne (udowodnione) - stwierdzenie zawierające podstawowe treści dla jakiejś *dziedziny wiedzy*

Zasada-norma racjonalnego postępowania, w której treści zawarte są prawa (*tezy*) rządzące jakimiś *procesami*

***)System**-obiekt złożony z *objektów* elementarnych stanowiący wraz z powiązaniem między nimi wyróżnioną z badanej *rzeczywistości* całość

****)Proces**-wyróżniony z badanej rzeczywistości układ działań powiązanych przyczynowo, przebiegający w określonym czasie, stanowiącym stadia rozwoju czegoś

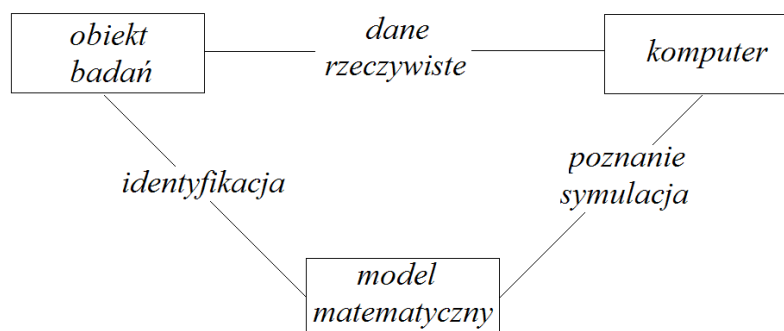
rys.7. Sposób poznawania rzeczywistości

Tabela 1

Najważniejsze typy modeli wykorzystywane w technice

Model – wzór, według którego coś jest lub ma być wykonane; przedmiot będący kopią lub wzorcem danego przedmiotu, wykonany zwykle w mniejszych rozmiarach z materiałów zastępczych	
Określenie modelu	Definicja
matematyczny	deterministyczny opis matematyczny zachodzących zależności pomiędzy wielkościami fizycznymi (biologicznymi, ekonomicznymi itp.) określającymi obiekt badań, przyrządy matematyczne służące do rozwiązywania lub do interpretacji tych zależności, interpretacja różnych pojęć i teorii matematycznych
cybernetyczny	układ względnie odosobniony, możliwie mało skomplikowany, działający analogicznie do oryginału, którym może być istota żywa, maszyna, zakład przemysłowy, organizacja społeczna itd.
techniczny	przedmiot służący do sporządzania form odlewniczych
ekonomiczny	hipotetyczna konstrukcja myślowa obejmująca układ założeń przyjętych w ekonomii politycznej dla uchwycenia najistotniejszych cech i zależności występujących w danym procesie ekonomicznym

Użyteczność modelu matematycznego nie jest trudno wykazać w dobie powszechnego wykorzystania elektronicznej techniki obliczeniowej. Do klasycznego zestawu obiektu badań i modelu matematycznego, dołącza się komputer wspomagający procesy poznania dając możliwość symulacji zachowania obiektu badań – **rys.8**.



rys.8. Zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej w procesie poznania [7]

Dobór modelu matematycznego jest czynnikiem znaczącym w procesie poznania składającego się na zasób wiedzy o przedmiocie poznania pozwalający na budowę *teorii*⁴³. Wynika stąd, że nie ma nic bardziej praktycznego niż dobra teoria!

Trudności w doborze modeli objawiają się tym, że mogą one prowadzić do nieprawidłowego pojmowania rzeczywistości. Czyli dobór błędnego modelu może, lecz nie musi prowadzić do błędnej teorii. Potrzeba zdobywania wiedzy przejawia się w poszukiwaniu coraz bardziej skomplikowanych modeli. Niekiedy dąży się do poszukiwania formuły uniwersalnej [12].

Przy wykorzystaniu elektronicznej techniki obliczeniowej modele matematyczne dają ogromne możliwości badań. Do niedawna ich podstawowym źródłem były metody analityczne i półempiryczne. Obecnie obserwuje się wzrost zainteresowania modelami empirycznymi. Modele empiryczne poszukiwane są, przede wszystkim, metodami

⁴³*teoria* to ogólna koncepcja opartej na poznaniu i zrozumieniu istotnych czynników kształtujących pewien wycinek rzeczywistości

statystycznymi⁴⁴. Znajomość takich modeli opiera się o dane pochodzące z odpowiednio zaprojektowanych eksperymentów, jedynie czasami z analizy *post factum*.

Projektowanie eksperymentów

Ekspertymentowanie gra istotną rolę przy opracowywaniu i ulepszaniu systemów czy przebiegających w nich procesów. W wielu przypadkach celem takich badań jest opracowanie stabilnego procesu, czyli w niewielkim stopniu podatnego na zmienność źródeł zewnętrznych. Takie podejście rodzi wiele pytań, przykładowo:

–Czy zastosowane rozwiązania są interesujące z punktu widzenia procesu lub systemu?

–Czy inne czynniki mające wpływ na system czy proces powinny być brane pod uwagę czy też kontrolowane podczas eksperymentów?

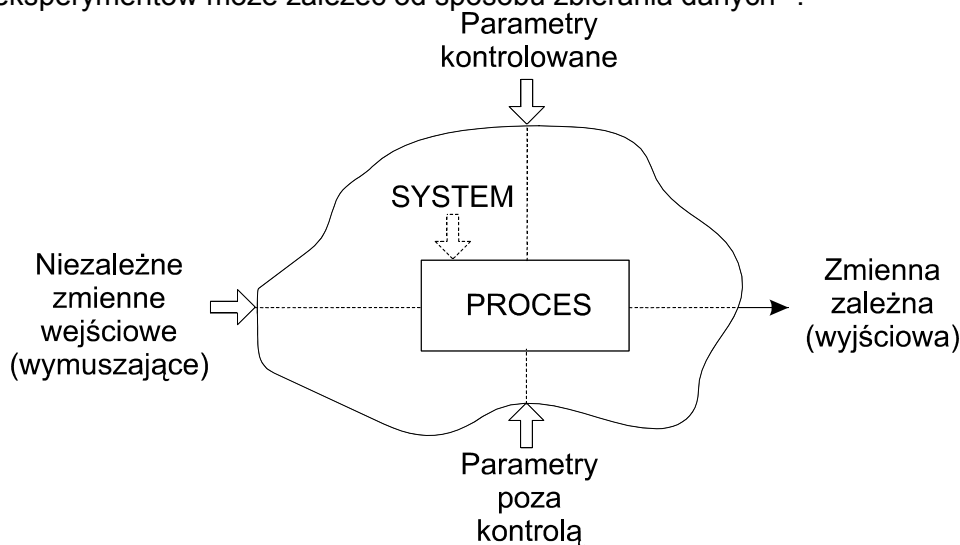
–Jak wiele próbek i replikacji procesu powinno być testowanych dla każdego kontrolowanego poziomu wartości wejściowych?

–W jaki sposób przydzielić próbki do poszczególnych eksperymentów i w jakiej kolejności powinny być one badane?

–Jaka metoda analizy danych powinna być wykorzystana?

–Jaka różnica pomiędzy otrzymanymi zmianami wartości wyjściowych powinna być uznana jako istotna?

Satysfakcjonująca odpowiedź przynajmniej na powyższe pytania musi być znaleziona przed przystąpieniem do wykonywania eksperymentów. Wymóg ten jest niezwykle istotny gdyż końcowa konkluzja wynikająca z każdego eksperymentu czy cyklu eksperymentów może zależeć od sposobu zbierania danych⁴⁵.



rys.9.Ogólny schemat procesu przebiegającego w systemie

Ogólnie, eksperymenty są planowane i wykonywane celem sprawdzenia stopnia spełnienia przez system poczynionych założeń. Model systemu i przebiegającego w nim procesu pokazano na **rys.9**.

⁴⁴np.: Data Mining – zgłębienie danych

⁴⁵przykładowo, jeżeli zbiera się dane jedynie w postaci wartości średniej, to nie można określić czy zaobserwowana różnica pomiędzy wynikami jest istotna

Jak to pokazano na **rys.1** i **rys.7** systemem w rozumieniu nauk eksperymentalnych jest wyróżniony, badany obiekt⁴⁶. Niektóre ze zmiennych systemu czy przebiegającego w nim procesu są możliwe do modyfikacji, inne zaś leżą poza możliwościami kontroli. Z wpływu na niektóre z nich rezygnuje się lub są one poza możliwościami kontroli w warunkach eksperymentu. Mogą być one jednak mierzone⁴⁷ podczas prowadzenia badań. W procesie planowania dobrze jest uwzględnić następujące czynności:

–Określenie, które ze zmiennych mają największy wpływ na odpowiedź systemu czy przebiegającego w nim procesu.

–Określenie, kiedy wybrany zestaw wartości zadanych systemowi bądź przebiegającemu w nim procesowi będzie wywoływał odpowiedź bliską żądanej wartości nominalnej.

–Określenie, w jakich zakresach zmienności zestawu parametrów wejściowych obserwowana będzie mała zmienność wartości wyjściowej.

–Określenie, w jakim zakresie zmienności zadanych parametrów systemu lub przebiegającego w nim procesu występuje ograniczona wrażliwość na wpływ parametrów pozostających poza kontrolą.

Strategia eksperymentu

Projektowanie eksperymentów często pociąga za sobą szereg działań towarzyszących. Rolą eksperymentatora jest określenie wpływu szeregu parametrów na odpowiedź systemu lub przebiegającego w nim procesu. Plan takiego działania nazywany jest *strategią eksperymentu*. Istnieje wiele strategii możliwych do zastosowania w konkretnym przypadku. Do prostych, powszechnie stosowanych można zaliczyć: podejście intuicyjne, zmiana tylko jednego parametru w jednym podejściu, eksperyment czynnikowy, częściowy eksperyment czynnikowy itd.

Podejście intuicyjne

Dla prostych systemów eksperymentator może stosunkowo łatwo określić jedną lub więcej wielkości, które wywierają największy wpływ na badany system czy przebiegający w nim proces. Może on także określić na podstawie stanu wiedzy i własnego doświadczenia ich optymalne wartości i potwierdzić swe przypuszczenia poprzez przeprowadzenie eksperymentu. Podejście intuicyjne jest najczęściej spotykaną strategią w praktyce badawczej. Wykorzystanie jej przynosi dobre rezultaty, gdy eksperymentatorowi dostępna jest wiedza teoretyczna i posiada on duże doświadczenie pochodzące z obserwacji zachowania się badanego lub podobnego do niego systemu.

Istnieją jednak dwa poważne ograniczenia dla tej strategii. Pierwsze pojawia się, gdy eksperyment nie przyniósł oczekiwanego rezultatu. Powstaje sytuacja problemowa, w której należy powtórnie określić inny zestaw parametrów wejściowych bez żadnej dodatkowej wskazówki. Takie postępowanie może być kontynuowane przez długi czas bez oczekiwanych rezultatów. Druga sytuacja problemowa pojawia się, gdy za pierwszym razem otrzymano wynik zadawalający. W tym przypadku nie ma pewności, że otrzymany zestaw parametrów jest jednocześnie optymalnym.

Obserwacje zmian jednego parametru

⁴⁶przykładowo, system nurkowy może tworzyć wyposażenie bazy nurkowej, procedury postępowania, ekipa nurkowa oraz materiały eksploatacyjne, który to system daje możliwość wykonania użytecznej pracy pod wodą; w przemyśle system postrzegany jest jako kombinacja maszyn, metod, ludzi i innych zasobów, które transformując zasoby wejściowe dają jedną lub więcej obserwowanych zależności będących odpowiedziami systemu.

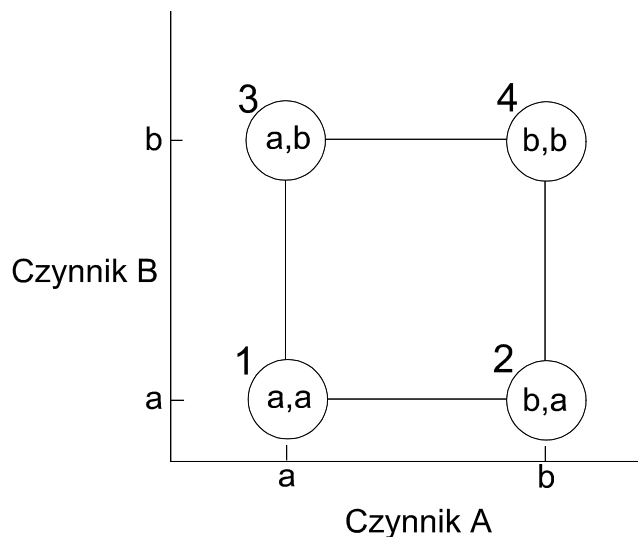
⁴⁷monitorowane

Inną, szeroko stosowaną strategią eksperymentalną jest obserwowanie zmian wartości wyjściowej powodowane zmianami jedynie jednego parametru. Po przeprowadzeniu wszystkich eksperymentów, dla wszystkich uwzględnianych zmian parametrów można zbudować szereg grafów pokazujących jak zmienna wyjściowa zależy od każdego parametru oddzielnie⁴⁸. Oczekuje się, że kombinacja najlepszych wartości będzie stanowić rozwiązanie optymalne. Jest to możliwe jedynie pod warunkiem, że wszystkie parametry wejściowe będą od siebie parami niezależne. W praktyce często warunek ten nie jest spełniony a istniejące interakcje powodują zakłócenia strategii, gdyż możliwe jest wtedy otrzymanie tego samego efektu dla różnych poziomów parametrów wejściowych.

Popularności tej strategii towarzyszy często niefrasobliwość eksperymentatorów objawiająca się brakiem zainteresowania poszukiwaniem możliwych interakcji w systemie. Dlatego, można spotkać się z błędami wynikłymi z badań przy jej zastosowaniu. Z powyższych powodów ten sposób postępowania jest mniej efektywny niż metody bardziej zaawansowane – jak eksperyment czynnikowy.

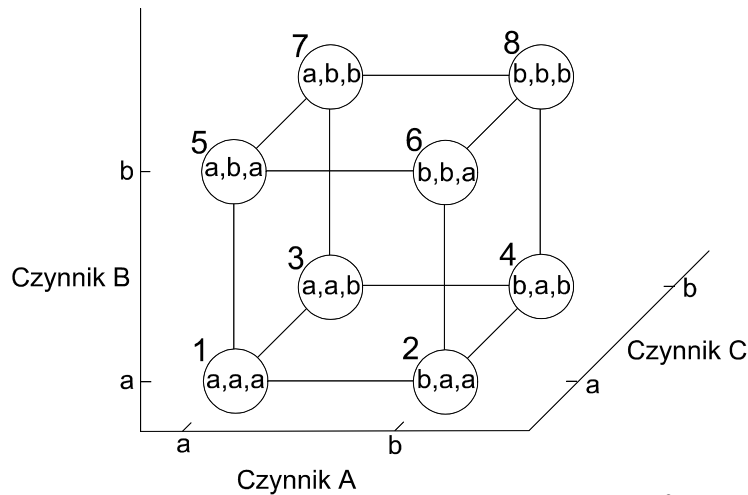
Eksperyment czynnikowy

Najprostszym eksperymentem czynnikowym jest rozpatrzenie dwóch zmiennych niezależnych na dwu poziomach ich wartości – *eksperyment czynnikowy 2²*. Wymaga on przeprowadzenia czterech doświadczeń przedstawionych w postaci grafu na **rys.10**.



rys.10. Graf planu eksperymentu czynnikowego 2²

⁴⁸gdy inne parametry utrzymywane są na stałym poziomie



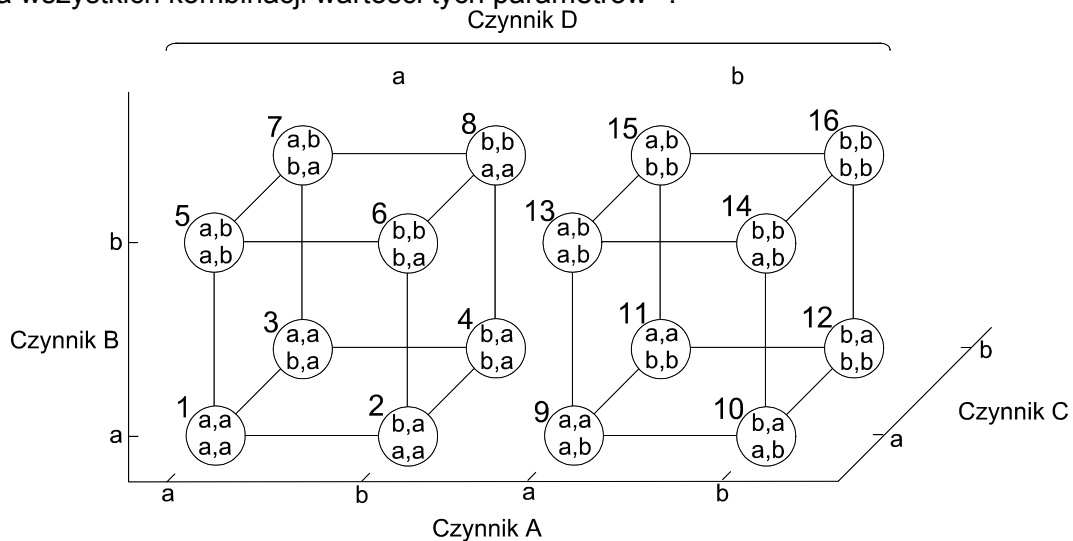
rys.11. Graf planu eksperymentu czynnikowego 2^3

Jeżeli założy się, że każdy z czterech eksperymentów ma być powtórzony dwukrotnie⁴⁹, to należy przeprowadzić łącznie osiem eksperymentów – *eksperyment czynnikowy $2 \cdot 2^2$* .

Jeżeli liczba zmiennych zwiększy się do trzech dwustanowych parametrów, to należy wykonać łącznie osiem eksperymentów – *eksperyment czynnikowy 2^3* . Jego graf przedstawiono na **rys.11**, gdzie wspomnianych osiem eksperymentów jest reprezentowanych geometrycznie przez naroża sześcianu. Porównując plan eksperymentu $2 \cdot 2^2$ i 2^3 można stwierdzić, że oba niosą tę samą informację o efekcie związanym z każdym czynnikiem⁵⁰.

Analogicznie, uwzględnienie czterech parametrów na dwóch poziomach tworzy projekt eksperymentu czynnikowego 2^4 – **rys.12**. Plan tego eksperymentu z konieczności graficznie przedstawiany został jako dwa sześciany⁵¹.

Ogólnie, jeżeli istnieje potrzeba uwzględnienia k parametrów występujących na dwóch poziomach, to plan eksperymentu czynnikowego wymaga 2^k realizacji doświadczenia dla wszystkich kombinacji wartości tych parametrów⁵².

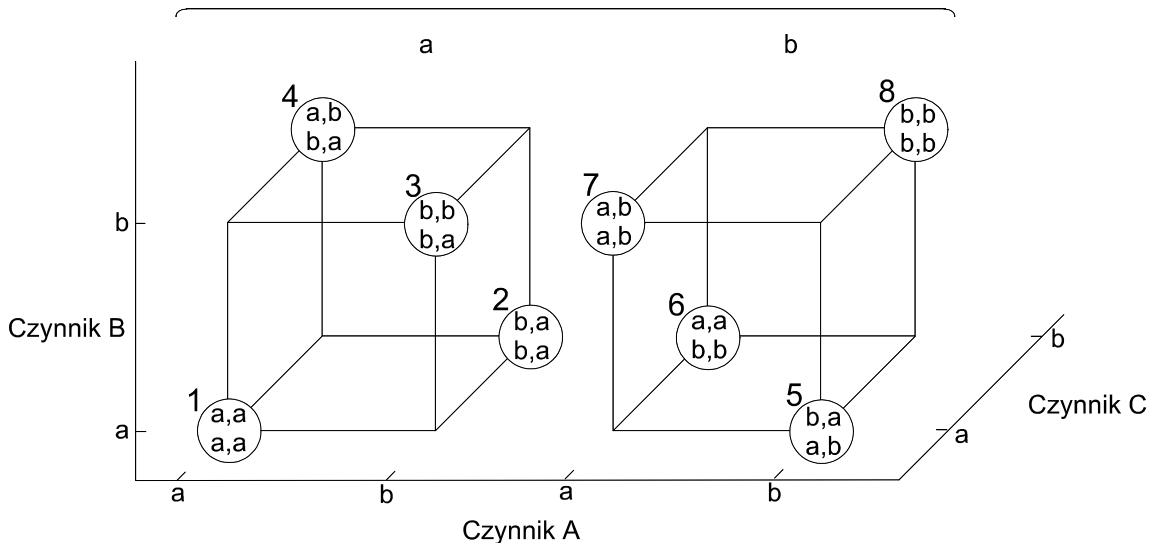


⁴⁹replikowany dwukrotnie

⁵⁰przykładowo, wartość a czynnika A występuje cztery razy zarówno w projekcie replikowanego dwukrotnie eksperymentu czynnikowego $2 \cdot 2^2$ jak i w 2^3

⁵¹formalnie mówi się o hipersześcianie – równoległościanie w przestrzeni czterowymiarowej

⁵²przykładowo, plan doświadczenia z **rys.12** wymaga $2^4=16$ eksperymentów

rys.12. Graf planu eksperymentu czynnikowego 2^4
Czynnik Drys.13. Graf planu eksperymentu $0,5 \cdot 2^4$

Wynika stąd, że eksperyment czynnikowy jest łatwy w realizacji jedynie dla małej liczby uwzględnianych parametrów. Wraz z ich wzrostem szybko wzrasta liczba koniecznych realizacji doświadczeń. Dla dziesięciu parametrów wynosi ona $2^{10}=1024$. W wielu przypadkach czyni to metodę tę zupełnie niepraktyczną. Dla wspomnianych dziesięciu dwustanowych parametrów czas zakończenia eksperymentów wyniesie 3 lata przy założeniu, że możliwym jest wykonanie jednego doświadczenia dziennie.

Ułamkowy eksperyment czynnikowy

Często nie ma potrzeby realizacji wszystkich możliwych kombinacji dla czterech i większej liczby czynników. Ułamkowy eksperyment czynnikowy jest odmianą jego pełnej wersji, w której realizuje się jedynie część z wymaganych w pełnym planie realizacji. Przedstawiony na **rys.13** graf zakłada przeprowadzenie jedynie ośmiu z 16 eksperymentów obowiązujących dla planu 2^4 i jest nazywany planem połówkowym – $0,5 \cdot 2^4$. Niesie on tę samą informację o efekcie związanym z każdym z czynników, co plan 2^3 i $2 \cdot 2^2$. Przykładowo, poziom *a* dla czynnika *A* występuje cztery razy w każdym z projektów. Plany ułamkowe są szeroko stosowane w praktyce.

Eksperyment przemysłowy

Metody planowania eksperymentów są istotnymi narzędziami nie tylko pracy naukowej, ale i inżynierskiej służącymi poprawieniu efektywności i jakości procesu produkcyjnego. Powinny być one intensywnie wykorzystywane przy projektowaniu i rozwoju nowych procesów wytwórczych. Zastosowanie metod projektowania eksperymentów dostatecznie wcześnie w procesie rozwoju technologii może zaowocować:

- wzrostem wydajności przebiegającego w systemie procesu,
- zredukowaniem niestabilności procesu i przybliżeniem jego parametrów do optymalnych wartości,
- zredukowaniem czasu potrzebnego na wdrożenie,
- zredukowaniem ogólnych kosztów wdrożenia i późniejszej produkcji.

Metody projektowania eksperymentów odgrywają ważną rolę w procesie ulepszania produkcji, przykładowo:

- przy ocenie i porównaniu konfiguracji systemów,

- przy ocenie materiałów alternatywnych,
- przy wyborze parametrów dających możliwość wykorzystania produktu w szerszym zakresie zmian warunków jego eksploatacji⁵³,
- przy określaniu kluczowych parametrów produktu mających wpływ na jego osiągi.

Wykorzystanie metod planowania eksperymentów we wspomnianym zakresie ułatwia prowadzenie procesu produkcyjnego, przyczynia się do zwiększenia osiągnięć, niezawodności i pewności działania produktu, zmniejsza koszty procesu produkcyjnego, oraz zmniejsza czasokres potrzebny na zaprojektowanie i rozwój nowego lub ulepszenie starego produktu.

Eksperyment przesiewowy

Możliwość zastosowania metody planowania eksperymentów jako sposobu scharakteryzowania procesu produkcyjnego pokazano na teoretycznym przykładzie maszyny do automatycznego lutowania elementów elektronicznych na płytkach drukowanych [8].

Rola takiej maszyny polega na oczyszczaniu płytki za pomocą topnika rozpuszczającego tlenki miedzi układu drukowanego, wstępnym podgrzaniu płytki drukowanej, następnie przeciągnięciu jej za pomocą przenośnika nad wytworzoną polem magnetycznym stojącą falę stopu lutowniczego. Podczas procesu lutowania tworzą się stałe połączenia mechaniczne i elektryczne pomiędzy elementami elektronicznymi według wytrawionego wzoru ścieżek układu elektronicznego⁵⁴. Jeśli proces taki wykazuje ok. 1% defektów oznacza to, że ok. 1% połączeń na płycie jest nieprawidłowych i wymaga ręcznej korekcji lub wybrakowania płytki. Jeżeli przeciętna płytka zawiera 2000 połączeń lutowanych to 1% uszkodzeń stanowi zbyt dużą liczbę – ok.20 połączeń!

Zadaniem inżyniera nadzorującego produkcję powinno być zaprojektowanie eksperymentu w taki sposób aby określić, które z parametrów i nastaw maszyny mają wpływ na występowanie defektów połączeń i jakie powinny mieć one wartości aby zredukować liczbę uszkodzeń. Maszyna taka posiada szereg kontrolowanych parametrów, do których należą: temperatura lutu, temperatura podgrzewacza płytki drukowanej, szybkość przesuwu płytki przez transporter, typ topnika, ciężar właściwy topnika, wysokość fali lutu, kąt nachylenia pod jakim transportowana jest płytka przenośnikiem itp. Istnieje także szereg parametrów pozostających poza standardową kontrolą, które jednak mogą być mierzone. Należą do nich: grubość płytki drukowanej, typ lutowanych elementów elektronicznych, sposób ułożenia ich na płycie, operator, szybkość produkcji itp.

Inżynier odpowiedzialny za produkcję jest zainteresowany scharakteryzowaniem procesu zachodzącego w systemie automatycznego lutowania w celu określenia, które z czynników⁵⁵ wywierają podstawowy wpływ na występowanie defektów połączeń na płytkach drukowanych. W tym celu musi zaprojektować eksperyment, który pomoże określić wartości i kierunki wpływu wybranych parametrów procesu⁵⁶. Należy także określić interakcje pomiędzy nimi poprzez badanie zmian we względnej liczbie defektów powodowanych przez kombinacje zmian kilku czynników jednocześnie. Czasami *eksperymenty takie nazywane są przesiewowymi*. Do projektowania takich badań standardowo wykorzystuje się plany eksperymentów czynnikowych.

⁵³produkt będzie bardziej odporny na złe warunki eksploatacji

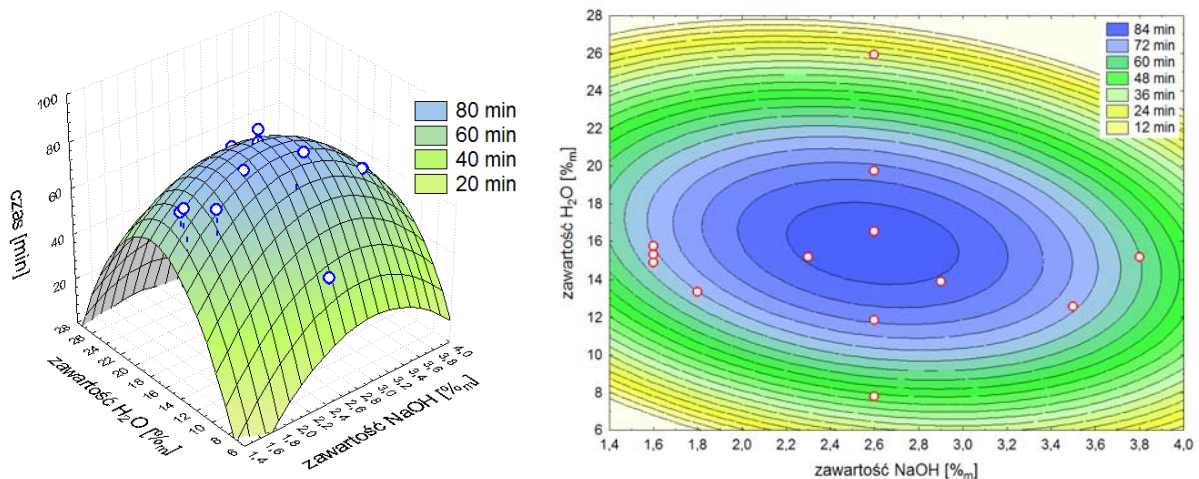
⁵⁴drukowanego

⁵⁵zarówno kontrolowanych jak i poza jego kontrolą

⁵⁶należy dążyć do określenia jaka przeciętna liczba defektów towarzyszy zmianie poszczególnych czynników

Krytyczna ścieżka procesu

Charakteryzowanie procesu przez eksperymenty przesiewowe prowadzi się celem znalezienia krytycznej ścieżki procesu⁵⁷ oraz jego krytycznych czynników. Następnie ustaleniu ich wartości na poziomie gwarantującym poprawę. Efektem takich badań powinno być także określenie, które z rozpatrywanych czynników powinny podlegać szczególnej kontroli podczas standardowego nadzoru celem zabezpieczenia procesu przed jego rozregulowaniem⁵⁸.



rys.14. Zależność czasu ochronnego w funkcji zawartości NaOH i H_2O dla próbek wapna sodowanego [13]

Wyniki eksperymentów przesiewowych mogą stanowić bazę do opracowania planu kontroli zmiennych wejściowych zamiast kontroli produktu.

Jedną z ciekawych metod mogących służyć jako eksperyment przesiewowy do znajdowania ścieżki krytycznej procesu jest analiza sekwencyjna [17].

Pole optymalnej odpowiedzi

W eksperymentach charakteryzujących proces⁵⁹ najczęściej określa się, które ze zmiennych wywierają największy wpływ na odpowiedź systemu. Następnym przybliżeniem będzie znalezienie zakresu pola optymalnej odpowiedzi procesu zachodzącego w systemie⁶⁰. Jeśli odpowiedzią jest wydajność procesu, to należy poszukiwać zakresu jej najwyższej wartości. Gdy zaś za odpowiedź uznano np. zmienność wymiarów produktu, należy poszukiwać pola wartości, dla których jest ona najmniejsza. Z reguły, w zastosowaniach nurkowych sytuacja problemowa scharakteryzowana jest przez prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji niekorzystnej, jak awaria czy wystąpienie choroby ciśnieniowej. Należy wtedy dążyć do minimalizacji wartości tego prawdopodobieństwa.

Jako ilustrację poszukiwań optymalnego pola odpowiedzi podano wyniki badania wapna sodowanego⁶¹ stanowiącego mieszaninę wodorotlenku wapnia, wodorotlenku sodu oraz wody. O jego skuteczności może decydować stosunek

⁵⁷krytycznego podprocesu

⁵⁸np. poprzez zastosowanie kart kontrolnych

⁵⁹eksperymenty przesiewowe

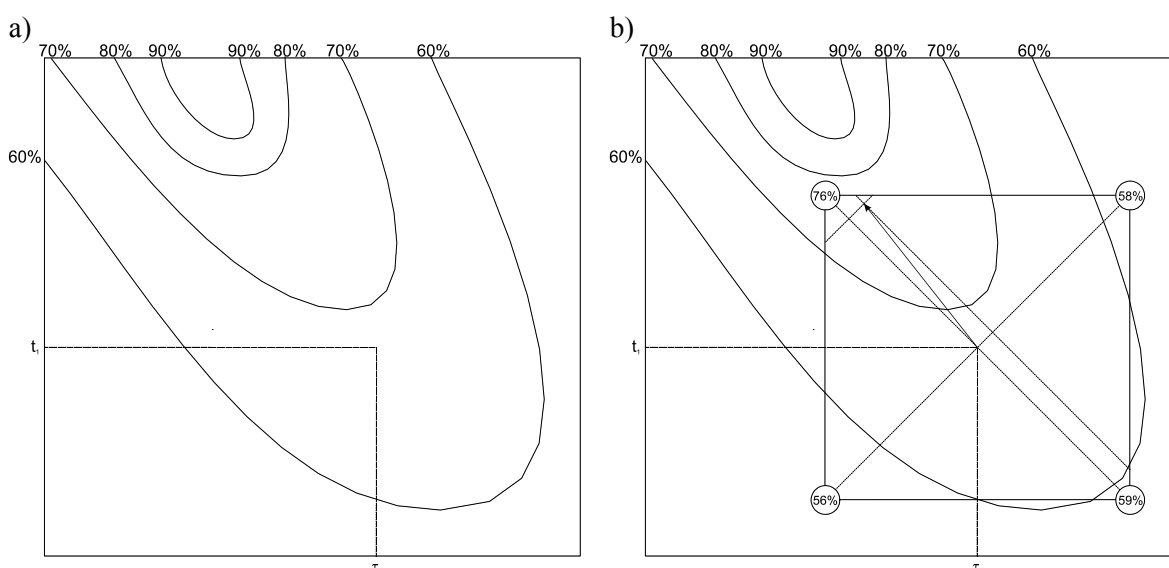
⁶⁰określenie zakresu wartości istotnych parametrów, dla których odpowiedź systemu jest możliwie najlepsza

⁶¹wapno sodowane używane jest w technice hiperbarycznej do chemisorpcji ditlenku węgla

poszczególnych składników. W celu określenia optymalnej zawartości wodorotlenku sodu i wody sporządzono próbki o różnej ich zawartości w produkcie, dla których oznaczono czas ochronnego działania [14]. Zależności tego czasu w funkcji zawartości wodorotlenku sodu NaOH i wody H_2O dla próbek wapna sodowanego pokazano na **rys.14** pokazując, że istnieje pewna optymalna ich zawartość⁶².

Plan kompletny

Najczęściej pole odpowiedzi nie jest znane eksperymentatorowi gdyż wymaga to zastosowania *planu kompletnego*. Dla dwóch wielkości wejściowych $i=2$ przy przydzieleniu dla nich 10 poziomów $n_1=10$ i $n_2=10$, oraz $r=3$ replikacji, liczba wymaganych eksperymentów wyniesie $N = r \cdot n_1 \cdot n_2 = 300$. Zakładając, że można wykonać jeden eksperyment dziennie, otrzymanie pola odpowiedzi dla rozpatrywanej sytuacji problemowej zajmie ok. 1 roku.



rys.15. Wydajność bezpośredniej syntezy chemicznej w funkcji czasu kontaktu τ i temperatury t : a) wykres konturowy; b) wyniki eksperymentu czynnika 2^2

Przy większej liczbie uwzględnianych zmiennych lub zwiększenia precyzji wykonywanych badań, plan kompletny staje się mało opłacalny lub wręcz niewykonalny. Dlatego, niezbędne są metody optymalizacyjne, na podstawie których możliwe będzie prawidłowe wnioskowanie z eksperymentów, choć dopuszczalna będzie zmiana kilku parametrów jednocześnie. Takie możliwości dają metody planowania eksperymentów. Przykładowo pokazano abstrakcyjny proces ulepszania wydajności reakcji bezpośredniej syntezy chemicznej⁶³ w reaktorze rurowym, dla którego należy wziąć pod uwagę temperaturę procesu i czas kontaktu. Charakterystykę procesu w postaci pola odpowiedzi otrzymaną podczas badań przedstawiono na wykresie czas-temperatura, na którym zaznaczono kontury stałej wydajności procesu dla 60, 70, 80 i 90%. Standardowo proces ten prowadzi się w temperaturze t_1 i przy czasie kontaktu τ_1 – **rys.15a**. Rezultat *eksperymentu czynnika 2^2* pokazano na **rys.15b**, gdzie zmieniano jednocześnie temperaturę t i czas kontaktu τ , które zostały określone dla dwóch poziomów. Odpowiedzi procesu pokazano w narożach kwadratu. Zaznaczono także kierunek zmian wskazujący, że należy zwiększać temperaturę

⁶²Jak będzie to pokazane dalej w procesie tym istnieją silne interakcje powodujące zakłócenia w polu optymalnej odpowiedzi

⁶³bezkatalitycznej

procesu t i czas kontaktu τ , aby osiągnąć zwiększenie wydajności reakcji syntezy. Znalezienie optimum wydajności reakcji będzie wymagało przeprowadzenia dodatkowych doświadczeń przy zmianach wartości w wytyczonym kierunku.

Proces projektowania

Metody planowania eksperymentów są także często stosowane w procesie projektowania produktu. Produktem takim w zastosowaniach nurkowych może być tabela dekompresji lub dowolne urządzenie⁶⁴. Wyniki takich badań mają w swym założeniu doprowadzić do zaprojektowania odpowiedniego systemu lub przebiegającego w nim procesu.

Jak wspomniano już niejednokrotnie zdobywanie wiedzy na podstawie eksperymentów przebiega efektywniej, jeśli są one oparte o naukowe metody ich planowania. Ze statystycznym planowaniem eksperymentów mamy do czynienia, gdy wyniki zostały otrzymane i będą analizowane metodami statystyki matematycznej. Rezultat takiego wnioskowania nie będzie zależał od woli eksperymentatora, więc ogranicza możliwość popełnienia przez niego błędów systematycznych. Podejście takie do projektowania eksperymentów jest konieczne, jeśli celem jest przeprowadzenie wnioskowania statystycznego na podstawie otrzymanych wyników eksperymentów. Jeśli w wyniku dokonanych pomiarów otrzymano dane zaszumione, jedynie metody statystyczne dają możliwość obiektywnej ich analizy. Istniejące w technice eksperymentalnej problemy można podzielić na: związane z metodami prowadzenia eksperymentów i opracowaniem wyników pomiarów. Są one ze sobą silnie powiązane, gdyż metoda analizy danych wynika bezpośrednio z przyjętej metody prowadzenia eksperymentów. Istnieją trzy podstawowe zasady dotyczące projektowania eksperymentów: randomizacja, replikacja i blokowanie.

Randomizacja

Randomizacja leży u podstaw metod statystyki matematycznej. Bez jej aplikacji ich zastosowanie jest w większości przypadków nieuprawnione. *Randomizacja* polega na przypadkowym przydziale materiału eksperymentalnego i kolejności jego badania. Metody statystyki matematycznej wymagają, aby obserwowany rozkład błędów był zmienną niezależną. Randomizacja ma uwiarygodnić to założenie. Prawidłowo przeprowadzona randomizacja powinna zapobiegać uśrednieniu wpływu czynników zewnętrznych⁶⁵.

Replikacja

Powtórzenie pomiarów przy zachowaniu ustalonych warunków nazywane jest *replikacją*. Ma ona dwie istotne właściwości:

- umożliwia ocenę dokładności⁶⁶ metody pomiarowej co daje możliwość rzeczywistej oceny istotności różnic pomiędzy określonymi parametrami,
- zwiększa precyzję wyznaczanego efektu.

⁶⁴np. podgrzewacz wody do zasilania skafandra nurka; projektowanie produktu polega na zbudowaniu prototypu urządzenia i zbadania parametrów jego pracy dla różnych kombinacji zmiennych procesu

⁶⁵Przykładowo, Przy badaniach dwóch systemów dekompresji: standardowego i modyfikowanego, nieprawidłowy dobór nurków eksperymentalnych może prowadzić do wyprowadzenia błędnych wniosków. Przy hartowaniu z wykorzystaniem słonej wody i oleju grubość próbek ma wpływ na twardość hartowanego materiału. Przydzielenie jednej partii próbek tylko jednej metodzie może przy późniejszym wnioskowaniu ją preferować. Statystyczny przydział ponumerowanych próbek może temu zapobiec.

⁶⁶niepewności

Przykładowo, zwiększenie precyzji wyznaczenia wartości oczekiwanej dla rozkładu normalnego wynika z tego, że wariancja wartości średniej ulega minimalizowaniu wraz ze wzrostem liczby replikacji.

Bloki

Porcjowanie jest techniką wykorzystywaną do zwiększenia precyzji wykonywanych eksperymentów. *Blok* jest porcją materiału eksperymentalnego, który powinien być bardziej homogeniczny niż cały zestaw materiału przeznaczonego do badania. Metoda ta pozwala na wykonanie porównań w zakresie interesujących warunków prowadzenia eksperymentów wewnątrz każdego bloku oraz pomiędzy blokami.

Przykładowo podczas badań nad bezpieczeństwem tabel dekompresji, wnioskowanie można oprzeć także na blokowaniu profili dekompresji⁶⁷.

Projekt eksperymentu

Wymienione wyżej zasady są uniwersalnymi wymaganiami przy prowadzeniu doświadczeń w oparciu o ich statystyczne metody projektowania. Wykorzystanie tego typu podejścia wymaga jasnego określenia przedmiotu badań⁶⁸, jak mają być zebrane dane oraz jaka ma być zastosowana metoda analizy wyników. W ogólnym planie eksperymentu należy, uwzględnić:

- określenie i sformułowanie problemu badawczego,
- wybranie zestawu zmiennych niezależnych,
- określenie poziomów zmiennych niezależnych⁶⁹,
- wybranie zmiennej zależnej,
- wybranie planu eksperymentu,
- sposób wykonania badań,
- metodę analizy danych,
- sposób sformułowania tezy i wniosków na podstawie wykonanej analizy.

Sformułowanie problemu

Potrzeba określenia i sformułowania problemu wydaje się raczej oczywista, lecz nie zawsze jest czynnością prostą. Wymaga to opracowania jasnych celów eksperymentów. Dobrą praktyką jest, aby były one opracowane niezależnie przez różne gremia. Jasne sprecyzowanie problemu często przyczynia się znacznie do lepszego zrozumienia zjawiska⁷⁰. Wskazane jest zastosowanie pracy zespołowej przy formułowaniu problemu i projektowaniu eksperymentów.

Wybór zmiennych

W praktyce wyboru parametrów, które będą zmiennymi w planowanych eksperymentach dokonuje się na tym samym etapie co sformułowanie problemu. Należy określić zakresy zmian dla wymuszeń, ich specyficzne poziomy, dla których będą prowadzone badania oraz liczbę replikacji. Dla wszystkich parametrów powinny być wybrane metody, którymi będą one kontrolowane i utrzymywane na określonym poziomie dla każdej fazy badań.

Opisany proces wyboru zmiennych jest z reguły kombinacją wiadomości praktycznych oraz rozważań teoretycznych. Przy kontynuowaniu badań istotnym jest, aby uwzględnić wszystkie nowe parametry, które nie były uwzględnione w poprzednich

⁶⁷przykładowo, wydzielić jako blok profile dla krótkich czasów pobytu w zakresie średnich głębokości

⁶⁸cel rozpoznawania

⁶⁹granic zakresów ich zmian

⁷⁰do rangi przysłowia urosło stwierdzenie, że prawidłowe sformułowanie problemu to połowa sukcesu

eksperymentach, lecz w taki sposób, aby nie zwiększać ich ponad liczbę uzasadnioną ekonomicznie i czasowo.

Poziomy występowania zmiennych

Na etapie doświadczeń przesiewowych⁷¹ zazwyczaj dobrą praktyką jest uwzględnianie możliwie małej liczby poziomów, na których występują poszczególne zmienne. Często dwupoziomowy wybór tych wartości sprawdza się dobrze w praktyce. Istotnym jest także wybór zakresu tych zmian. Przy eksperymentach przesiewowych powinien być on stosunkowo szeroki. Po uzyskaniu większej wiedzy na temat poszczególnych parametrów, ich roli oraz istotnych ich wartości, przedziały te mogą być zawężane.

Odpowiedź systemu

Przy wyborze zmiennej zależnej⁷² należy upewnić się, że związana jest z nią rzeczywiście użyteczna informacja na temat rozpatrywanego systemu lub przebiegającego w nim procesu. Często jest nią jakaś wartość oczekiwana lub odchylenie standardowe lub obie te wartości jednocześnie⁷³. Jeśli możliwości urządzeń pomiarowych⁷⁴ są nieadekwatne, to jedynie relatywnie duże efekty związane ze zmianami poszczególnych parametrów będą możliwe do określenia lub będą wymagane dodatkowe replikacje⁷⁵.

Jest niezwykle istotne, aby identyfikowalność pomiarów związana z interesującą odpowiedzią systemu oraz metody jej wyznaczenia były ustalone przed podjęciem eksperymentów.

Plan eksperymentu

W zakresie planu wstępnego⁷⁶ zawiera się omówiona identyfikacja problemu badawczego, wybór parametrów i wymuszeń⁷⁷, ich zakresów zmienności, poziomów wartości zakwalifikowanych do przeprowadzenia eksperymentów oraz zmiennej niezależnej. Plan ten ma kluczowe znaczenie dla celowego przeprowadzenia badań. Zaskakującym jest fakt, że zazwyczaj decyzją na ten temat jest obarczana jedna osoba.

Jeśli plan wstępny jest wykonany poprawnie, to wybór metody eksperymentalnej nie powinien stanowić problemu. Wybór metody pomiarowej pociąga za sobą rozważania na temat liczności próby⁷⁸, sposobu wyboru kolejności poszczególnych doświadczeń, podjęcia decyzji co do grupowania eksperymentów czy zastosowania ograniczeń związanych z zapewnieniem randomizacji.

Na rynku istnieje oprogramowanie wspomagające proces podejmowania decyzji w fazie projektowania eksperymentów. Zalecane jest opracowanie kilku planów, gdy oprogramowanie ustala kolejność wykonywania badań z uwzględnieniem randomizacji, na podstawie których będzie prowadzone wnioskowanie. Nie zawsze każdy plan jest wykonalny, dlatego wygenerowanie kilku planów daje możliwość wyboru najwygodniejszego wariantu.

Przy doborze projektu eksperymentu istotnym jest aby przez cały czas mieć na uwadze jego cel. W wielu eksperymentach znany jest z góry efekt związany z

⁷¹charakteryzacji procesu

⁷²odpowiedzi systemu

⁷³wybór kilku zmiennych lub zmiennej wielowymiarowej nie jest niczym niezwykłym

⁷⁴ich rozdzielczości, progu zadziałania, niepewności standardowych, histerezy itp.

⁷⁵wartość niepewności standardowej średniej maleje ze zwiększaniem liczby pomiarów

⁷⁶przedeksperymentalnego

⁷⁷zmiennych niezależnych

⁷⁸liczby replikacji

przyjęciem zmiennych na odpowiednich poziomach. Interesującym jest zaś określenie ich znaczenia w powodowanej zmianie odpowiedzi systemu⁷⁹. W innych sytuacjach bardziej interesującym jest weryfikowanie jednorodności⁸⁰ w odpowiedzi systemu.

Podczas prowadzenia badań istotne jest dokładne monitorowanie procesu celem upewnienia się, że prowadzony jest on zgodnie z planem. Błędy w procedurze prowadzenia eksperymentu mogą spowodować brak możliwości walidacji postulowanych hipotez.

Opracowanie wyników

Do opracowania tak otrzymanych wyników należy zastosować statystyczne metody analizy danych tak, aby możliwe było obiektywne sformułowanie wniosków rozstrzygających postawioną tezę. Postępowanie takie wykorzystuje naturę metod statystycznych. Jeśli eksperyment został prawidłowo zaprojektowany i przeprowadzony zgodnie z planem, to statystyczne opracowanie wyników nie będzie wymagało zastosowania skomplikowanych form wnioskowania. Na rynku dostępnych jest wiele programów komputerowych do szybkiej analizy i interpretacji danych oraz wnioskowania statystycznego. Często, proste metody graficzne odgrywają w nich podstawową rolę⁸¹.

Należy pamiętać, że wykorzystując metody statystyki matematycznej nie dowodzi się, że czynniki wywierają obserwowany efekt, one jedynie pokazują obiektywną drogę do potwierdzenia lub odrzucenia poczynionych założeń. Umożliwiają jedynie określenie błędu, niepewności, poziomu ufności czy istotności w odniesieniu do prowadzonego wnioskowania. Podstawową zaletą metod statystycznych jest to, że wprowadzają one element obiektywizmu w procesie decyzyjnym. Połączenie tych metod z wiedzą i dobrą praktyką inżynierską leży u podstaw poznania praw rządzących zachowaniem systemów.

Statystyka i parametr

Statystyka jest nauką zajmującą się badaniem zjawisk masowych w przestrzeni lub czasie polegającą na systematyzowaniu obserwowanych cech. Nie jest ona jednak działem matematyki, choć dotyczy liczb, podobnie jak nie jest działem matematyki księgowość. Niewątpliwie działem matematyki jest *statystyka matematyczna*, czyli oparta na rachunku prawdopodobieństwa. *Statystyką* nazywa się także parametr charakteryzujący próbę⁸².

Parametr jest to wielkość charakteryzująca populację. We wnioskowaniu statystycznym obliczona wartość statystyki służy do wnioskowania o parametrze populacji. Przykładowo, obliczona wartość średnia dla próby⁸³ służy do oszacowania wartości średniej⁸⁴ dla populacji.

Ta sama wartość statystyki może być obliczana na potrzeby opisu bądź wnioskowania⁸⁵. Najczęściej w tych celach liczona jest tendencja centralna lub zmienność.

⁷⁹przykładowo, jeśli interesującym jest określenie różnic pomiędzy dwoma sposobami prowadzenia procesu: metodą standardową *A* i nową *B* należy starać się tak zaplanować eksperyment, aby jego założeniem było wykazanie braku różnic wydajności pomiędzy nimi

⁸⁰równomierności

⁸¹analiza reszt oraz adekwatności przyjętego modelu często dokonywana jest jedynie wizualnie na podstawie wykresów

⁸²przykładowo wartość przeciętna

⁸³będąca statystyką

⁸⁴będącej parametrem

⁸⁵przykładowo, średnia wartość spadku pojemności życiowej płuc u grupy nurków eksperymentalnych po ekspozycji tlenowej może być obliczana w celu scharakteryzowania tej grupy lub w celu wnioskowania o toksycznym działaniu tlenu na przeciętnego człowieka

Statystyka opisowa i wnioskowanie statystyczne

*Statystyka matematyczna*⁸⁶ dzieli się na wnioskowanie statystyczne i statystykę opisową. *Statystyka opisowa*⁸⁷ stosuje jedynie procedury do prezentacji i podsumowywania danych⁸⁸. Często użytecznymi procedurami jest tabelaryzowanie, tworzenie grafów, liczenie tendencji centralnych czy rozproszenia. Poszukiwanie korelacji jest także metodą statystyki opisowej określającą zależność pomiędzy dwoma lub większą liczbą zmiennych.

Typowym postępowaniem we *wnioskowaniu statystycznym*⁸⁹ jest rozstrzygnięcie, z jakiej populacji pochodzi badana próbka, gdzie populacja składa się ze wszystkich obiektów wybranych ze względu na rozpatrywaną właściwość, natomiast próba jest reprezentatywnym podzbiorem populacji generalnej służącym do wnioskowania o niej. Idealna próba powinna być reprezentatywnym, przypadkowo wybranym podzbiorem populacji generalnej⁹⁰. Całkowicie przypadkowy wybór elementów próby jest praktycznie ograniczony, należy jednak do niego dążyć, gdyż wnioskowanie na podstawie obciążonej próby prowadzi do błędnych rozstrzygnięć.

Obciążenie

Jeśli dane z próby pozwalają określić statystyki za pomocą, których daje się bezbłędnie oszacować parametry populacji, to wszystkie statystyki obliczane z tej próby są *nieobciążone*. Obciążone statystyki nie prowadzą do dokładnego oszacowania parametrów populacji.

Skale informacji

Typowym postępowaniem przy analizie danych jest kwalifikowanie ich przynależności do grup, na które dzieli się wyniki badań⁹¹. Przyjęte kryteria podziału niosą za sobą różną ilość informacji. Najczęściej dąży się do utrzymania minimum istotnych cech informacji zawężając w ten sposób wyniki surowe. W statystyce matematycznej przyjęto posługiwać się czterema kategoriami wartości, są to dane: nominalne⁹², porządkowe, przedziałowe, równomierne⁹³. Wymienione zostały one od danych niosących najmniej ładunek informacji do najbardziej informatywnych.

Skala nominalna służy do identyfikacji kategorii⁹⁴. Dane skategoryzowane służą tylko do klasyfikowania i wykonywania operacji logicznych, bez możliwości wykonywania na nich operacji matematycznych.

Skala porządkowa służy do nadawania danym odpowiedniej rangi umożliwiającej rozróżnianie danych według określonego porządku bez określania różnic pomiędzy nimi⁹⁵.

⁸⁶ *statystyka matematyczna* to dział matematyki stosowanej oparty na rachunku prawdopodobieństwa, zajmujący się badaniem właściwości zbiorów na podstawie właściwości ich części

⁸⁷ *statystyka opisowa* jest działem zajmującym się opisywaniem cech bez konieczności przewidywania ich stanu

⁸⁸ stosowanie statystyki matematycznej do analizy danych może mieć sens tylko wtedy, gdy są one wynikiem doświadczeń probabilistycznych, w przeciwnym razie mogą one być analizowane jedynie metodami statystyki opisowej – wszelkie wnioski wyprowadzane w ramach statystyki opisowej dotyczą jednak tylko badanych zbiorów danych i nie mogą być one uogólniane na populację generalną z policzalnym prawdopodobieństwem

⁸⁹ wnioskowanie statystyczne zajmuje się przewidywaniem lub rozstrzygnięciem

⁹⁰ każdy element populacji powinien mieć takie samo prawdopodobieństwo wybrania go do próby

⁹¹ przykładowo na wartości duże, średnie i małe

⁹² skategoryzowane

⁹³ proporcjonalne

⁹⁴ np. płeć

Skala przedziałowa służy do przedstawiania danych, które posiadają charakter porządkowy, lecz skala jej nie jest równomierna⁹⁶.

Skala równomierna charakteryzuje się tym, że różnice pomiędzy danymi niezależnie od ich umiejscowienia na skali są ekwiwalentne a punkt odniesienia jest precyzyjnie określony⁹⁷. Skala równomierna wykorzystywana jest do porządkowania większości właściwości fizycznych⁹⁸.

Wartości ciągłe i dyskretne

Oprócz podziału danych na wspomniane wcześniej cztery kategorie, można je także podzielić na dyskretne i ciągłe.

Wartości dyskretne należy rozumieć jako oddzielone od siebie i traktować jako przeciwieństwo wartości ciągłych⁹⁹.

Wnioski z badań

Podstawowym wynikiem analizy wyników eksperymentów powinno być wypracowanie konkluzji i zaleceń, co do dalszego prowadzenia badania danego systemu lub przebiegającego w nim procesu. Metody graficzne mogą być w tym niezwykle przydatne do prezentacji otrzymanych wyników. Przeprowadzone badania i testy powinny dać możliwość walidacji¹⁰⁰ założonych celów. Ważnym jest, aby pamiętać, że eksperyment jest istotnym elementem procesu poznania, gdzie wstępnie formułuje się hipotezy dotyczące badanego systemu, następnie wykonuje się eksperymenty w celu ich sprawdzenia, na tej podstawie zaś buduje się zweryfikowane hipotezy itd. Jest to proces iteracyjny i jest poważnym błędem założenie, że przy pomocy jednego cyklu badawczego można otrzymać satysfakcjonujące rozwiązanie. Badania wymagają wiedzy na temat istotnych parametrów, ich zakresu zmienności oraz określenia odpowiedniej liczby i wartości ich poziomów wykorzystywanych w eksperymencie, oraz odpowiedniej aparatury do ich pomiaru. W szczególności, na początku nie jest dostępna kompletna wiedza, lecz jest ona zdobywana w ich trakcie. W iteracyjnym procesie poznawczym często zarzuca się kontrolowanie pewnej liczby parametrów, powołuje się w to miejsce nowe, zmienia zakres poszukiwań rozwiązania itp. Z praktyki wynika, że ok. jedną czwartą użytecznych danych można zebrać w pierwszym podejściu. Następnie trzeba sekwencyjnie dążyć do rozwiązania problemu poprzez kolejne eksperymenty.

Podsumowanie

W wielu przypadkach statystyczne projektowanie eksperymentów zwiększa wydajność pracy naukowej i technicznej. Należy jednak pamiętać, że metody te nie

⁹⁵przykładowo, jeśli zwycięstwo konia *A* nad koniem *B* w wyścigu mogło być jedynie rozstrzygnięte po analizie poklatkowej zdjęć a koń *B* wyprzedził konia *C* o pół okrążenia, to ich kolejność wynosi *A*, *B*, *C* i jest bez znaczenia, że *A* wyprzedził *B* nieznacznie a *B* wyprzedził wyraźnie konia *C*

⁹⁶Przykładem może być skala punktowa pomiaru inteligencji *IQ*. Jednostka tej skali nie jest w ogólności równomierna, gdyż różnica pomiędzy osobnikami posiadającymi *IQ=100* i *IQ=101* nie jest ekwiwalentna różnicy pomiędzy osobnikami *IQ=140* i *IQ=141*. Istnieje też problem umiejscowienia wartości *IQ=0*. Czy wartość tę należy przypisać nieboszczykowi czy osobie, która nie podjęła próby rozwiązania testu – nawet rozwiązując test losowo jest bardzo mało prawdopodobne, że uzyskany wynik będzie zerowy. Z reguły, przyjmuje się minimalną obserwowaną liczbę punktów jako wartość zerową powodując a priori nierównomierność skali pomiarowej.

⁹⁷przykładowo, skala temperatur *Celsjusza*

⁹⁸lecz nie tylko, za pomocą tej skali można przedstawić np. liczbę kichnięć w jednostce czasu

⁹⁹różnice te można pokazać na przykładzie dziedziny liczb naturalnych jako wartości dyskretnych oraz liczb rzeczywistych dodatnich jako ciągłych

¹⁰⁰potwierdzenia i zatwierdzenia ponad wszelką wątpliwość

gwarantują sukcesu, zwiększają jedynie szansę na jego osiągnięcie. Należy zawsze poszukiwać możliwie najprostszego modelu systemu, które jeszcze mogą zadowolić eksperymentatora. Dając pierwszeństwo modelom analitycznym, mającym pełną interpretację fizyczną/chemiczną zmiennych, przed modelami półempirycznymi i empirycznymi.

We wnioskowaniu na podstawie badań należy zwrócić uwagę na zgodność znamiennych statystycznie różnic z wymaganiami technicznymi i uwarunkowaniami ekonomicznymi. Znaczący efekt różnicujący statystycznie nie zawsze musi być opłacalny ekonomicznie lub technicznie, gdyż stosunek kosztów do zysków może być niekorzystny lub skomplikowanie rozwiązania technicznego może powodować zwiększenie awaryjności.

Należy pamiętać, że poznawanie rzeczywistości stanowi proces iteracyjny i należy dążyć do rozwiązania sytuacji problemowej przy jednym podejściu, lecz starać się zaplanować eksperymenty sekwencyjnie.

W rozpoznaniu i rozwiązaniu sytuacji problemowej może pomóc postępowanie według zaproponowanych sześciu zachowań chemometrycznych: analiza danych, preprocesing¹⁰¹, oszacowanie modelu, analiza rezultatów powiązana z walidacją modelu, użycie modelu do prognozowania i walidacja prognozy [1].

Piśmiennictwo

1. Beebe K.R., R.J.Pell, M.B.Seasholtz: Chemometrics – a practical guide: Jon Wiley & Sons, Inc. New York 1998
2. Box B.E.P., Hunter W.G., Hunter B.S.: Statistics for experimenters: John Wiley & Sons Inc. 1987
3. Cichy M.: Modelowanie systemów energetycznych: Wyd. Politechniki Gdańskiej Gdańsk 2001
4. Dewdney A.K.: 200% of nothing: John Wiley & Sons, Inc. 1993
5. Gussman J.: Człowiek zdobywa głębi: Wydawnictwo Morskie Gdańsk 1984
6. Kłos R.: Aparaty Nurkowe z regeneracją czynnika oddechowego: COOPgraf Poznań 2000
7. Kukielka L.: Podstawy badań inżynierskich; Wydawnictwo Naukowe PWN; Warszawa 2002
8. Monntgomery D.C.: Design and analysis of experiments: Jon Wiley & Sons 1997
9. Moore D.S.: Analiza statystyczna danych doświadczalnych [w:] Praca zb. Pod red. Stegn L.A.: Matematyka współczesna – dwanaście esejów: Wyd. Naukowo-Techniczne Warszawa 1983
10. Nishi R.Y. i Lancner G.R.: Development of the DCIEM 1983 Decompression Model for Compressed Air Diving: Department of National Defence - Canada 1984
11. Okniński A.: Teoria katastrof w chemii: Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa 1990
12. Plichta P.: Tajemnicza formuła Boga: Wydawnictwo Uraeus Gdynia 1998
13. Praca zbiorowa pod red. Kłos R. i Momot S.: Chemisorpcja ditlenku węgla w zastosowaniach wojskowych: AMW Gdynia 2005
14. STANAG 1411: Standard to quantify the characteristics of carbon dioxide (CO₂) absorbent material for diving applications: NATO Stanadardization Agency 2000
15. Steiger J.H.: Power analysis: StatSoft, Inc. 1999
16. Stewart I.: Czy Bóg gra w kości? – Nowa matematyka chaosu: Wyd. Naukowe PWN Warszawa 1996
17. Siegmund D.: Sequential analysis – Test and confidence intervals: Springer-Verlag New York Inc. 1985

¹⁰¹jeśli potrzebny

18. Sienkiewicz P.: Analiza systemowa – podstawy i zastosowania: Wyd. Bellona 1994
19. Robertson J. i Robertson S.: Pełna analiza systemowa: Wyd. Naukowo-Techniczne Warszawa 1999
20. Weathersby P.K.: Confidence in Decompression Safety | w: | Lin Y.C. i Shida K.K.: Man in the Sea: tom I: Best Publishing Co. San Pedro 1990

Recenzent: *doc.dr hab.med. Romuald Olszański*

Autor:

dr inż. Ryszard Kłos – Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia

Ryszard Klos

ANALIZA MOŻLIWOŚCI DEKOMPRESJI ZAŁOGI ZAGROŻONEGO OKRĘTU PODWODNEGO

Material zawarty w artykule stanowi wynik realizacji jednego z punktów harmonogramu pracy pt.: „Systemy podtrzymania życia na okręcie podwodnym¹⁰²”. Prezentowane możliwości dekompresji załogi okrętu podwodnego oparto na analizie dokumentów North Atlantic Treaty Organization (NATO), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) oraz prac własnych, w ramach których zaproponowano model regresji logistycznej do oceny zagrożenia chorobą ciśnieniową (DCS) przy dekompresji akcelerowanej.

Słowa kluczowe: dekompresja akcelerowana, ratowanie okrętów podwodnych

The material contained in this paper results from a project entitled: “Live support systems for submarines”, sponsored by the Armament Policy Department, of the Polish Ministry of Defense. The possibilities for submarine crew decompression are based on an analysis of documentation from the North Atlantic Treaty Organisation (NATO), The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and our own work within the framework of the proposed model of logistic regression used to evaluate the danger of decompression sickness (DCS) caused by accelerated decompression.

Key words: accelerated decompression, submarine rescue

Wstęp

Bezpieczna dekompresja załogi zagrożonego okrętu podwodnego (*DISSUB*) jest możliwa przy pomocy zainstalowanych na okręcie podwodnym (*OP*) sprężarek lub przez linię gazową przeprowadzoną z *OP* do powierzchni. Nawet, jeśli możliwy jest transport załogi *DISSUB* w warunkach hiperbarycznych, musi ona przejść późniejszą dekompresję¹⁰³. Marynarka Wojenna RP (*MW*) dysponuje w tym zakresie procedurami dekompresyjnymi zawartymi w tabeli *3MW* i *4MW* [12]. W przypadkach awaryjnych, tabela *4MW* zabezpiecza proces dekompresji do maksymalnej głębokości *80mH₂O* dla maksymalnych czasów pobytu do *6godz* oraz do *25min* w zakresie głębokości *80÷100mH₂O*. W większości przewidywanych scenariuszy awarii *OP* są to czasy niewystarczające. Podczas awarii *OP* z podniesieniem na nim ciśnienia należy liczyć się z koniecznością podjęcia dekompresji z plateau saturacji. W odniesieniu do postępowania ratowniczego¹⁰⁴, sprawdzonymi procedurami dekompresyjnymi dysponują nieliczni¹⁰⁵. Uzyskanie pełnych informacji na ten temat jest utrudnione z przyczyn komercyjnych. Teoretycznie możliwym jest wykorzystanie w tym celu nitroksowych¹⁰⁶ tabel saturacyjnych [4,5]. Postępowanie takie może narażać jednak załogę na zwiększone zagrożenie tlenową toksycznością płucną [1,3].

¹⁰²umowa nr 20/DPZ/3/OTM/ S/WR/MON/2002/706 z dn.11.09.2002

¹⁰³podobnie jak nurkowie

¹⁰⁴użycie powietrza

¹⁰⁵np. Amerykanie i Australijczycy – system REMORA

¹⁰⁶nitros – mieszanina azotowo-tlenowa o innym niż jest to w powietrzu stosunku azotu do tlenu; nitroks o identycznym stosunku nazywa się syntetycznym powietrzem celem zaznaczania braku lub minimalnej

Poważnym problemem jest zastosowanie dekompresji leczniczej po opuszczeniu *DISSUB* metodą samoratowania [11,13-14]. Instrukcja Sprzymierzonych [8] ostrzega przed problemem kumulacji zagrożeń w przypadku, gdy opuszczenie *DISSUB* nastąpiło przed przybyciem sił ratowniczych¹⁰⁷. Istnieje wtedy możliwość wystąpienia ośrodkowego zatrucia tlenowego (CNS) spotęgowanego wychłodzeniem. Jako priorytet przyjmuje się konieczność przeciwdziałania mózgowemu zatorowi gazowemu (AGE), DCS oraz płucnym objawom zatrucia tlenowego [1,3]. Podstawowym problemem jest odpowiednia selekcja poszkodowanych. Zakłada się, że nigdy nie wystąpi sytuacja, w której do dyspozycji będzie wystarczającą liczbą komór hiperbarycznych wraz z obsługą i personelem medycznym do zabezpieczenia leczenia wszystkich poszkodowanych. Rozpoczęcie leczenia w przedziale komory hiperbarycznej, praktycznie blokuje go oraz jego obsługę. Błąd przy selekcji poszkodowanych może doprowadzić do paraliżu akcji ratowniczej [9,10].

Przytaczana instrukcja NATO [8] powinna zawierać tabele dekompresji leczniczej, lecz nie zostały one tam zamieszczone. Tabele lecznicze oraz procedury postępowania

z poszkodowanymi można znaleźć w innych dokumentach Sojuszu [10,11]. Opisy metod stosowanych w USA¹⁰⁸ można znaleźć w podręczniku *US Navy* [13,14].

Ważnym problemem ratowania załóg *DISSUB* jest możliwość przeprowadzenia dekompresji załogi poddanej saturacji nitroksowej¹⁰⁹. W ostatnim czasie *USN* i *GBRN* opublikowały swoje punkty widzenia i proponowane procedury dekompresyjne dotyczące małych głębokości saturacji [6,7]. Znajomość tych procedur pozwoli na opracowanie propozycji krajowych jako komentarze i rezerwacje do instrukcji NATO dotyczącej ratowania *OP* [10] oraz umożliwi współdziałanie sił ratowniczych w ramach NATO. Procedury te są także do wykorzystania w ratownictwie krajowym.

Metody

EAD

Atmosfera *OP* może być zubożona w tlen na skutek jego zużycia, np. poprzez jego konsumpcję przez załogę lub zużycie w pożarze. Z tego powodu, system dekompresji stosowany dla celów ratowania załóg *DISSUB* nie został opracowany dla głębokości¹¹⁰, lecz w jednostkach azotowej głębokości równoważnej¹¹¹ – *fswEAD*. Odpowiada ona głębokości, na której ciśnienie cząstkowe azotu, przy zastosowaniu jako czynnika oddechowego powietrza, będzie identyczne z ciśnieniem cząstkowym azotu we wdychanej przez załogę nitroksie. Obecne w atmosferze *DISSUB* zanieczyszczenia nie są w tej procedurze uwzględniane, lecz ich wpływ może być niebagatelny [3]. Z istniejących interakcji¹¹² pomiędzy zanieczyszczeniami oraz między nimi a głównymi składnikami atmosfery *DISSUB* musi zdawać sobie sprawę prowadzący akcję ratowniczą oraz lekarz zabezpieczający. Z racji tego, że tabele opracowane są dla głębokości wyrażonej w *fswEAD* wygodnie będzie stosować formułę:

jedynie zawartości w nim naturalnych domieszek istniejących w powietrzu, np. argonu, ditlenku węgla, pary wodnej itd.

¹⁰⁷podobnie jak to miało miejsce przy tragedii HMS TRUCULENT

¹⁰⁸stosowane również u w *MW*

¹⁰⁹na skutek konsumpcji tlenu, regeneracji, uzupełniania powietrza itp., podczas oczekiwania na pomoc, stężenie tlenu w atmosferze *DISSUB* może różnić się znacznie od jego zawartości w powietrzu

¹¹⁰w rozpatrywanym przypadku tabel *USN* wyrażonej w stopach wody morskiej – *foot sea water (fsw)*

¹¹¹equivalent air depth – *EAD*

¹¹²zwłaszcza oddziaływań synergetycznych

$$EAD = \frac{(p + 33) \cdot (1 - x_i)}{0,79} - 33 \quad (1)$$

gdzie: *EAD* – azotowa głębokość równoważna [fsw*EAD*]; *x_i* – oznacza zawartość tlenu we wdychanym przez załogę *DISSUB* nitroksie wyrażoną [mol·mol⁻¹], *p* – oznacza ciśnienie panujące wewnątrz *DISSUB* wyrażone w [fsw].

Akceleracja

Tabela dekompresji tlenowej z plateau saturacji nitroksowej zakłada zastosowanie tzw. akceleracji dekompresji. *Procedura akceleracji* polega na oddychaniu tlenem na głębokości plateau saturacji przed podjęciem dekompresji tlenowej [1]. Postępowanie takie prowadzi do skrócenia czasu wymaganej dekompresji, co udowodniono poprzez przeprowadzenie cyklu badań [6]. Taka dekompresja wymaga stosowania przerw w oddychaniu tlenem ze względu na zagrożenie *CNS* i płucną toksycznością tlenową [3]. Przerwy w oddychaniu tlenem mogą być spowodowane także względami technicznymi, np. wymianą wypełnień pochłaniaczy, koniecznością przełączenia butli z tlenem, transferem do komory dekompresyjnej lub do stanowiska inhalatorów itp.

Przerwy w oddychaniu tlenem

Dla głębokości¹¹³ większych niż 45fsw, należy stosować przerwy w oddychaniu tlenem, co 30min na minimum 5min. Przerwy te stosuje się ze względu na *CNS*. Zaniechanie ich może prowadzić do zatrucia tlenowego, a przez to zwiększenia zagrożenia załogi *DISSUB*.

Dla głębokości równej 45fsw i mniejszej należy stosować przerwy w oddychaniu tlenem, co 2godz na przynajmniej 10min. Jeżeli sytuacja ratownicza zezwala, należy stosować przerwy w oddychaniu tlenem co każde 60min na 15min. Ten cykl oddychania tlenem uważany jest za optymalny ze względu na zagrożenie tlenową toksycznością płucną.

Dla dekompresji akcelerowanej czasy spędzane na przerwy w oddychaniu tlenem nie są „czasami martwymi”, jak to ma miejsce w wielu systemach dekompresyjnych¹¹⁴. Z punktu widzenia optymalnej dekompresji, czas jaki upłynął od przerwy na oddychanie powietrzem powinien wynosić przynajmniej 15min przed podjęciem dekompresji z plateau saturacji nitroksowej do pierwszej stacji dekompresyjnej. Przez cały czas przejścia z plateau saturacji do pierwszej stacji dekompresyjnej członkowie załogi *DISSUB* powinni oddychać tlenem. Czyli plan dekompresji powinien zakładać brak konieczności podejmowania przerw powietrznych podczas operacji zmiany ciśnienia. Oczywiście sytuacja ratownicza może wymusić inny przebieg dekompresji, dlatego procedura jest tak opracowana, że zalecenie to nie musi być ściśle przestrzegane, lecz odstępstwo musi być skompensowane. Czyli, dekompresję można podjąć także podczas przerwy w oddychaniu tlenem, jednak czas przejścia nie można wtedy wliczać do czasu pobytu na stacji dekompresyjnej, do której załoga jest dekompresowana¹¹⁵.

Przy zastosowaniu procedury akceleracji, przerwy w oddychaniu tlenem na plateau saturacji nie mogą przekroczyć 15min na każdą godzinę oddychania tlenem. W przeciwnym wypadku efekt akceleracji będzie utracony. Jeżeli czas przerwy przeznaczony na oddychanie powietrzem na plateau saturacji przypadający na godzinę

¹¹³wartość ta odnosi się do ciśnienia panującego na *DISSUB* a nie do *EAD*

¹¹⁴np. tabeli 3*MW* [12]

¹¹⁵czas oddychania tlenem wlicza się jako czas pobytu na stacji, do której załoga *DISSUB* jest dekompresowana – patrz dalej

oddychania tlenem przekroczy 15min, to należy dodać dodatkowe dwie minuty oddychania tlenem na każdą minutę przerwy ponad 15min.

Zagrożenia

Wykorzystując akcelerację dekompresji należy zwrócić uwagę na zagrożenie pożarowe oraz fakt, że zastosowanie tlenu przed rozpoczęciem dekompresji na *OP* lub pojeździe do ratowania załóg *OP*¹¹⁶ może prowadzić do wystąpienia ostrych przypadków *CNS*. Należy dobrze rozważyć podjęcie tej procedury ze względu na towarzyszące jej zagrożenia. Akceleracja dekompresji nie powinna być stosowana na głębokościach większych niż 60fsw ze względu na duże prawdopodobieństwo wystąpienia *CNS*.

Tabela dekompresyjna

W **tab.1** podano jedynie czasy dekompresji podczas której poszkodowani oddychają tlenem, całkowity czas dekompresji zwiększy się o czasy przerw na oddychanie powietrzem. Z tabeli należy wybierać głębokości równe lub następne większe od obliczonej *EAD*.

Szybkość przechodzenia na pierwszą stację dekompresyjną i przejścia pomiędzy stacjami dekompresyjnymi zawierają się w przedziale 1-5fsw·min⁻¹. Czas dojścia do stacji dekompresyjnej wlicza się w czas postoju na stacji, na którą dekompresowana jest załoga

Tabela 1

Tabela dekompresji przyspieszonej z plateau saturacji nitroksowej

EAD	Akceleracja	Głębokość stacji dekompresyjnych [fsw]						Całkowity czas dekompresji tlenowej	
		45	40	35	30	25	20		
[fsw]	[min]	Czas postoju na stacjach dekompresyjnych [min]						[min]	
20	0							0	
25	70							70	
30	140							140	
35	120					40	40	200	
40					10	85	40	255	
45				20	105	115	50	410	
50				85	105	115	50	475	
55				55	95	105	115	50	540
60			30	85	95	105	115	50	600

pod warunkiem, że w tym czasie poszkodowani oddychają tlenem. Czasy w **tab.1** podane są w minutach.

Przy głębokościach plateau saturacji do 40fswEAD cała dekompresja tlenowa nie powinna powodować znacznego wzrostu zagrożenia tlenową toksycznością płucną. Dla głębokości plateau powyżej 40fswEAD nie można wykluczyć zwiększenia zagrożenia i zależnie od występowania objawów podejmować odpowiednie działania.

Opracowana procedura umożliwi elastyczne podejście do dekompresji tak, że możliwe jest jej modyfikowanie zależnie od potrzeb prowadzonej akcji ratowniczej. Możliwe jest zmniejszenie czasu dekompresji tlenowej, jeśli załoga *DISSUB* oddychała dłużej tlenem na plateau saturacji niż to jest wymagane czasem akceleracji. Każda

¹¹⁶deep submergence rescue vehicle – *DSRV*

dotatkowa minuta akceleracji może powodować skrócenie czasu dekompresji tlenowej o jedną minutę począwszy od naj płytszych stacji dekompresyjnych¹¹⁷.

Aktualne ciśnienie plateau saturacji może się znacząco różnić od *EAD* umożliwiając dłuższy czas akceleracji. Należy przyjąć jako zasadę, że do ciśnienia 40fsw maksymalny, dozwolony czas akceleracji wynosi 240min. Dla ciśnień od 40fsw do 60fsw czas ten wynosi 120min. Akceleracja dekompresji nie powinna mieć miejsca dla głębokości powyżej 60fsw ze względu na duże prawdopodobieństwo wystąpienia CNS¹¹⁸.

Dekompresja osób towarzyszących

Ze względów bezpieczeństwa, tak szybko jak to tylko możliwe, dekompresjonowana załoga *DISSUB* potrzebuje wsparcia medycznego i asysty personelu ratowniczego. Przebywanie ratowników w środowisku hiperbarycznym wymaga ich późniejszej dekompresji.

Tabela 2

System dekompresji personelu ratowniczego

EAD	Czas ekspozycji [min]						
	0	120	240	360	480	600	720
[fsw]	Czas dekompresji tlenowej na stacjach dekompresyjnych [min]						
25	0	0	0	20	40	60	70
30	0	10	40	70	100	120	140
35	0	30	80	110	140	160	180
40	15	70	120	150	180	210	230
45	70	120	160	190	220	250	270
50	100	150	190	230	260	280	300
55	130	180	220	260	280	300	320
60	160	210	250	280	310	330	350

Najlepiej, jeżeli system dekompresji osób towarzyszących pozwala na wzajemne zgrywanie czasów ich dekompresji tlenowej, przerw na oddychanie powietrzem oraz aby zmiany stacji dekompresyjnych pokrywały się wzajemnie. Sposób dekompresji personelu ratowniczego przedstawiono w **tab.2**.

Czas ekspozycji, definiowany jest jako czas, który upłynął od kompresji personelu ratowniczego do czasu aż ratowani członkowie załogi *DISSUB* nie zaczną akceleracji. Należy wybrać dokładną wartość tego czasu lub następną większą.

¹¹⁷Przykładowo, jeżeli, z różnych przyczyn, załoga *DISSUB* oddychała tlenem przez 180min po saturacji na głębokości 45fsw *EAD*, to został przekroczony wymagany czas akceleracji o 60min (180-120=60min). Czas ten może być odjęty przy dekompresji tlenowej: 50min ze stacji 20fsw i 10min ze stacji 25fsw – **tab.1**. Wymagane będzie jedynie odbycie 105min dekompresji tlenowej na 25fsw, następnie załoga *DISSUB* może być zdekompresowana do powierzchni z szybkością zawierającą się w granicach 1-5fsw·min⁻¹

¹¹⁸Przykładowo, ze względu na znaczną różnicę pomiędzy ciśnieniem w *DISSUB* a *EAD*, ratowana załoga odbyła dodatkowe dwa 60min cykle akceleracji dekompresji przedzielone 15min przerwą na oddychanie powietrzem. Lecz podczas transportu na powierzchnię oddychali oni przez godzinę, powietrzną atmosferą *DSRV*. Jak to wspomniano wcześniej, czasy przerw przypadające na każdą godzinę akceleracji nie powinny być dłuższe niż 15min. Każda minuta oddychania powietrzem poza ten limit musi być zrekomensowana przez dodatkowy czas oddychania tlenem lub należy oszacować efekt utraty. Po drugim cyklu oddychania tlenem możliwa jest 15min przerwa na oddychanie powietrzem. Czas ten został jednak wydłużono o 45min. Załoga jednak wykonała dodatkowy czas akceleracji, który daje możliwość kompensacji utraty akceleracji. Efekt utraty równy jest czasowi kompensacji (patrz wcześniej) i wynosi tutaj 90min. W efekcie pozostało 120-90=30min dodatkowej akceleracji, którą można odjąć od czasu dekompresji tlenowej, według zasad podanych w tekście.

Kolumna z czasem zerowym przeznaczona jest dla ratowników, którzy wchodzi do środowiska hiperbarycznego gdy załoga *DISSUB* podjęła już lub zaczyna podejmować akcelerację.

Podczas akceleracji ratownicy wystawieni są na działanie ciśnienia¹¹⁹, lecz czas ten uwzględniony jest w wartościach wejściowych do planowania dekompresji i nie musi być dodatkowo kompensowany jakimkolwiek działaniem. Dotyczy to jedynie czasów standardowych akceleracji. Jeżeli sytuacja pozwala na wydłużenie akceleracji, to przez dodatkowe jej trwanie ratownicy muszą także oddychać tlenem. Uwzględnienie czasu dodatkowej akceleracji odbywa się na takich samych zasadach dla ratowników jak dla ratowanych. Zasady te zostały omówione przy określaniu sposobu wykorzystania **tab.1**.

Leczenie przypadków DCS i AGE

DCS i *AGE* mogą wystąpić w każdym momencie walki o przetrwanie oraz w czasie ratowania załogi *DISSUB* jako konsekwencja warunków hiperbarycznych lub zastosowania procedury dekompresyjnej. Dlatego musi być brana pod uwagę możliwość podjęcia leczenia poszkodowanej załogi *DISSUB*, która poddana była saturacji nitroksowej. Należy wziąć pod uwagę nie tylko zagrożenie *DCS* i *AGE* podczas przeprowadzania przyspieszonej dekompresji, ale także zagrożenie powstałe w skutek ominięcia stacji dekompresyjnych. Standardowe metody leczenia *DCS* i *AGE* opracowane są dla przypadków nurkowych. Dla ratowanych załóg *DISSUB* procedury te powinny być zmodyfikowane.

Modyfikowana TT 6 USN

Początek leczenia przebiega jak przy wykorzystaniu *TT 6 USN* [14]. Podnosi się ciśnienie do *60fsw* i prowadzi leczenie rozszerzone do momentu opuszczenia stacji *30fsw*. Czyli obligatoryjnie należy odbyć standardowe cykle i ich rozszerzenia¹²⁰. Po zakończeniu dekompresji na *30fsw* należy podjąć decyzję, co do sposobu przeprowadzenia dalszej procedury. Do wypracowania tej decyzji należy obliczyć sumaryczny czas oddychania przez leczonego tlenem¹²¹, który należy odjąć od wymaganego czasu odczytanego z **tab.3**. Jeżeli, w ten sposób otrzymany czas jest równy bądź mniejszy od zera, to znaczy, że czas dekompresji tlenowej był wystarczający i pacjent powinien być zdekompresowany z głębokości *30fsw* do powierzchni z szybkością $1 \text{ fsw} \cdot \text{min}^{-1}$.

Tabela 3

Wymagany czas dekompresji tlenowej

EAD	Wymagany czas dekompresji tlenowej
[fsw]	[min]
20	0
25	70
30	140
35	200
40	255
45	410
50	475
55	540
60	600

¹¹⁹oddychają w tym czasie powietrzem

¹²⁰2 cykle po *20min* oddychania tlenem na stacji *60fsw* i 2 cykle po *60min* oddychania tlenem na *30fsw*

¹²¹podczas akceleracji dekompresji i dotychczasowego leczenia

Jeżeli, czas omińniętej dekompresji tlenowej jest mniejszy od 170min, to należy zdekompresować pacjenta do stacji 15fsw z szybkością 1 fsw·min⁻¹ i uzupełnić na niej brakujący czas dekompresji. Następnie zdekompresować go do powierzchni z szybkością 1 fsw·min⁻¹. Jeżeli, omińnięty czas dekompresji jest dłuższy od 170min, to należy czas ponad tę wartość uzupełnić na głębokości 30fsw a pozostałe 170min odczekać na głębokości 15fsw.

Dodatkowe czasy oddychania tlenem na 60fsw powinny być przerywane, co 20min na 5 min oddychania powietrzem a na 30fsw i 15fsw powinny być przerywane, co 60min na 15min oddychania powietrzem zaczynając ten cykl już przy obligatoryjnych czasach na głębokości 30fsw, zgodnie z procedurą TT 6 USN.

Omińnięcie stacji dekompresyjnych naraża załogę na duże prawdopodobieństwo wystąpienia u nich objawów DCS. Dlatego, jeżeli ratowany pomimo tego, że nastąpiło omińnięcie niektórych stacji dekompresyjnych nie ma objawów DCS, to i tak powinien, jeżeli to tylko możliwe, być poddany procedurze dekompresyjnej. Z reguły nie występuje jednak tak komfortowa sytuacja i należy zachować komorę hiperbaryczną w gotowości do podjęcia leczenia cięższych przypadków. Pacjent bez objawów powinien pozostać pod obserwacją, w pozycji leżącej oddychając tlenem z inhalatora. Należy zwrócić uwagę, aby pozostał on w bezruchu nawet bez zmian pozycji, ruchów głową itp. Jediną, wykonywaną przez niego pracą ma być praca oddechowa. Oddychanie tlenem powinno być kontynuowane przynajmniej przez trzykrotnie dłuższy okres czasu niż wynosił sumaryczny czas omińnięcia stacji dekompresyjnych.

Raz zaczęte leczenie należy kontynuować pomimo ustąpienia objawów chorobowych przynajmniej do czasu, gdy skalkulowany okres wymaganej dodatkowej dekompresji leczniczej wyzeruje się, czyli gdy czas leczenia osiągnie wartość obliczoną z różnicy pomiędzy wyznaczonym czasem dekompresji tlenowej podanym w **tab.3** a całkowitym czasem oddychania tlenem, przed wystąpieniem objawów chorobowych.

Przerwanie procedury leczniczej przed upływem tego czasu może wystąpić jedynie w przypadku wystąpienia braku miejsca na leczenie zagrażającego życiu pacjenta przypadku DCS poszkodowanych w dekompresyjnych wypadkach masowych [9].

Analiza zagrożenia

Modelem analizy zagrożenia może być *funkcja logistyczna*. Przy jej pomocy można analizować wpływ różnych parametrów na zmienną zależną występującą w postaci dychotomicznej. Może ona posłużyć np. do powiązania funkcją regresji, prawdopodobieństwa wystąpienia DCS ze zmiennymi niezależnymi. W zastosowaniach do badania bezpieczeństwa dekompresji przedstawia ona zależność prawdopodobieństwa warunkowego ρ od zmiennych niezależnych x_i :

$$\rho = P(DCS = 1 | x_1 \dots x_k) = \frac{\exp\left(a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_i\right)}{1 + \exp\left(a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_i\right)} \quad (2)$$

gdzie: x_i – reprezentują zmienne niezależne, które mogą być mierzalne lub jakościowe; a_i – są współczynnikami regresji logistycznej.

Jak w każdym modelu regresji, poszukiwane jest oszacowanie współczynników w oparciu o dane z eksperymentów. Skuteczność tego postępowania zależy od liczby zmiennych do oszacowania. W związku z faktem częstego znacznego „statystycznego

zszumienia” danych ich liczba musi być większa niż dla typowego rozwiązywania układu równań. Przyjmuje się, że liczba danych l powinna być większa od liczby zmiennych m o ponad rząd wielkości: $l > 10 \cdot (m+1)$.

Do znalezienia współczynników *funkcji logistycznej* nie można użyć metody najmniejszych kwadratów gdyż wymaga ona założenia stałości wariancji, co prowadzi do koniecznej jej niezależności od zmiennej niezależnej. W przypadku zmiennej dychotomicznej o *rozkładzie Bernoulliego* taka zależność istnieje. Dlatego w celu znalezienia współczynników regresji logistycznej stosuje się metodę największej wiarygodności.

Logarytmiczną funkcję prawdopodobieństwa Ψ , dla funkcji logistycznej (2) można zapisać jako:

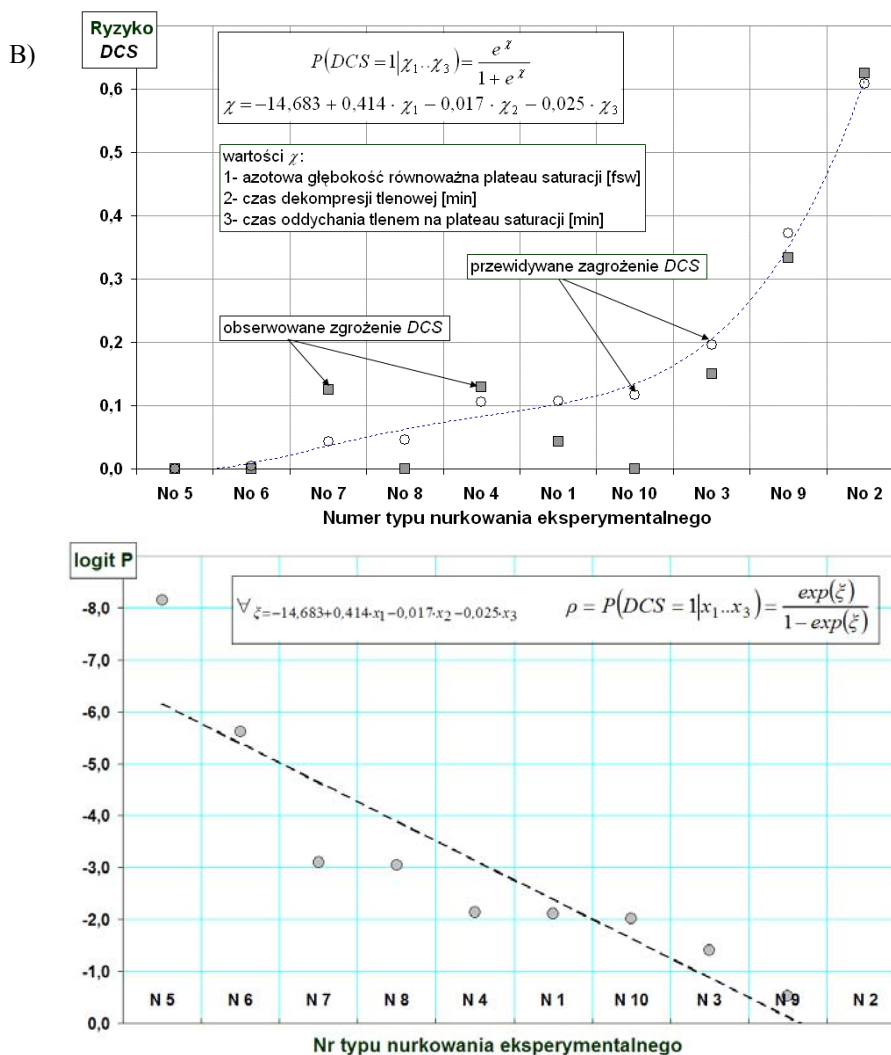
$$\forall_{\chi = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_i} \Psi = \ln \left[\left(\frac{e^\chi}{1 + e^\chi} \right)^n \cdot \left(1 - \frac{e^\chi}{1 + e^\chi} \right)^{N-n} \right] = n \cdot \chi - N \cdot \ln(1 + e^\chi) \quad (3)$$

Tabela 4

Wyniki eksperymentów nad zastosowaniem dekompresji tlenowej z różnych plateau saturacji powietrznej [6]

liczba przypadków DCS	liczba prób	azotowa głębokość równoważna plateau saturacji	czas dekompresji tlenowej	czas oddychania tlenem na plateau	całkowity czas dekompresji	obserwowane zagrożenie DCS	obliczone zagrożenie DCS
		χ_1 [ft]	χ_2 [min]	χ_3 [min]			
1	23	40	250	0	235	0,043	0,107
5	8	50	353	0	328	0,625	0,608
3	20	50	472	0	437	0,150	0,196
4	31	50	617	0	480	0,129	0,105
0	32	50	362	240	480	0,000	0,000
0	16	50	347	180	420	0,000	0,004
2	16	50	332	120	480	0,125	0,043
0	15	60	630	120	600	0,000	0,046
2	6	60	620	60	540	0,333	0,372
0	8	60	560	120	540	0,000	0,117

A)



rys.1. A)Rezultat dopasowania funkcji logistycznej do wyników eksperymentów zamieszczonych w **tab.4** w kolejności rosnącej ich przewidywanego prawdopodobieństwa wystąpienia DCS; B)Rezultat dopasowania funkcji logistycznej do wyników eksperymentów po przekształceniu typu *logit* (**tab.4**)

Równanie (3) można rozwiązać numerycznie – **tab.4**. Wynik dopasowania funkcji logistycznej do wartości uzyskanych z eksperymentu pokazano na **rys.1A**. Przedstawiona krzywa obrazuje krzywą otrzymaną w wyniku zebrania punktów z różnych krzywych logistycznych.

Transformacja logit i iloraz szans

Transformacja typu *logit* to przekształcenie zdefiniowane jako:

$$\text{logit } P = \ln \frac{P}{1 - P} \tag{4}$$

Stosunek pod logarytmem określa się mianem *ilorazu szans* i dla zdarzenia dychotomicznego polegającego na wystąpieniu zjawiska *DCS* lub jego braku określa stosunek prawdopodobieństw zdarzenia do zdarzenia przeciwnego. Transformacja (4) zastosowana do funkcji (2) daje następujące rozwiązanie:

Tabela 5

Zagrożenie DCS w funkcji czasu oddychania tlenem na plateau saturacji

Zagrożenie DCS otrzymane metodą regresji logistycznej							
Profil	azotowa głębokość równoważna	czas dekompresji tlenowej	Czas akceleracji [min]				
	[fsw]	[min]	0	60	120	180	240
N1	40	235	10,74	2,61	0,60	0,13	0,03
N2	50	328	60,85	25,75	7,18	1,70	0,38
N3	50	437	19,59	5,16	1,20	0,27	0,06
N4-N5	50	480	10,50	2,55	0,58	0,13	0,03
N6	50	420	24,55	6,77	1,59	0,36	0,08
N7	50	360	47,43	16,76	4,30	0,99	0,22
N8	60	600	48,93	17,61	4,55	1,05	0,24
N9-N10	60	540	72,65	37,22	11,68	2,87	0,65

Wartości pogrubione reprezentują testowane profile

$$\forall \chi = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_i \quad \text{logit } P(DCS = 1 | x_1 \dots x_k) = \chi \Rightarrow \frac{P(DCS = 1 | x_1 \dots x_k)}{1 - P(DCS = 1 | x_1 \dots x_k)} = e^\chi \quad (5)$$

Ujemne szacunki parametrów odpowiadające czasowi oddychania tlenem podczas dekompresji oraz czasowi oddychania tlenem na plateau saturacji wskazują, że wzrost wartości tych wielkości powoduje zmniejszenie się prawdopodobieństwa zaistnienia DCS:

$$\text{logit } P(DCS = 1 | x_1 \dots x_k) = -14,683 + 0,414 \cdot \chi_1 - 0,017 \cdot \chi_2 - 0,025 \cdot \chi_3 \quad (6)$$

Dodatnia wartość oszacowanego parametru dla EAD ostrzega, że przy jej wzroście wzrasta zagrożenie DCS.

W celu ułatwienia analizy wyników eksperymentów należy je uporządkować w kolejności wzrastania zagrożenia DCS. W **tab.5** pokazano wyniki obliczeń prawdopodobieństwa wystąpienia przypadku DCS. Wytluszczone wartości oszacowanego prawdopodobieństwa reprezentują testowane profile dekompresji [6] a podcieniowane, wartości zagrożenia poniżej 1% [2].

Obliczono współczynnik korelacji pomiędzy modelem predykcji zagrożenia DCS według USN [6] oraz modelem otrzymanym z regresji logistycznej – **rys.2**. Widać, że istnieje stosunkowo wysoka korelacja ($r \cong 79\%$) pomiędzy wynikami według procedury Fd7Vk3SSM USN [6] a modelem regresji logistycznej, biorąc pod uwagę stosunkowo małą populację wyników eksperymentów – **tab.4**.

Na podstawie przedstawionych wyników badań można stwierdzić, że *regresja logistyczna* jest obiecującą metodą predykcji zagrożenia DCS podczas ekspozycji hiperbarycznych.

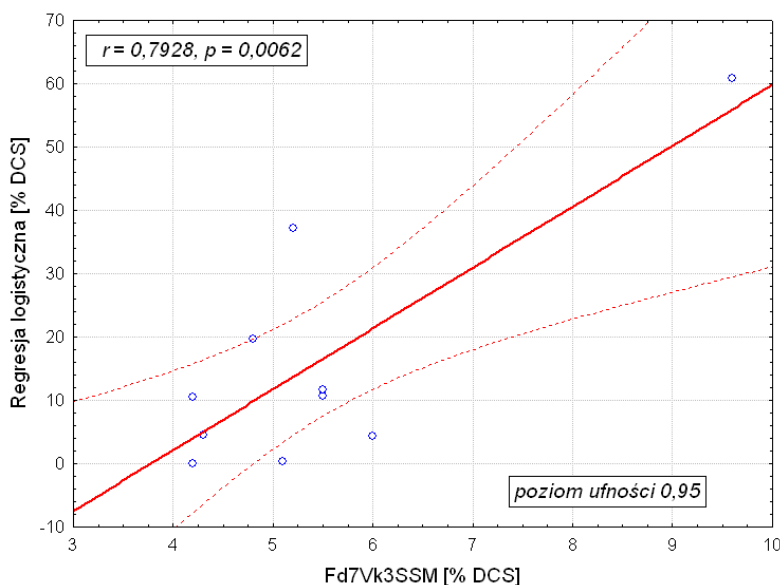
Zagrożenie DCS

W rezultacie przeprowadzonych prac eksperymentalnych na zwierzętach [7] stwierdzono, że po eksplozywniej dekompresji z głębokości saturacji większej od 18mEAD poważne symptomy DCS nie występują natychmiast po osiągnięciu

powierzchni, lecz po upływie ok. 5min. Badania nad dekompresją przerywaną sugerują, że możliwe jest wydłużenie przerwy w dekompresji do 7min.

Według doświadczeń GB Royal Navy ^(RN), eksplozywna dekompresja po saturacji na głębokości równej bądź mniejszej od 7mEAD niesie za sobą małe zagrożenie DCS.

Oddychanie przez godzinę tlenem na powierzchni powinno wystarczyć do całkowitego zniwelowania tego zagrożenia – **tab.6**. Dla głębokości większych, zagrożenie DCS wyraźnie rośnie wraz z głębokością zwłaszcza, jeśli ratowana załoga jest wycieńczona, odwodniona, wychłodzona itp.



rys.2. Korelacja pomiędzy oceną ryzyka DCS według Fd7Vk3SSM *USN* i modelem regresji logistycznej dla danych z **tab.4**

Dla eksplozywnej dekompresji z plateau saturacji leżącym w zakresie 7-18mEAD zaleca się dekompresję leczniczą według *TT 66 RN* [7], która powoduje ekspozycję równoważną 264UPTD [3]. Dla eksplozywnej dekompresji z plateau saturacji leżącym w zakresie 18-30mEAD zaleca się dekompresję leczniczą według *TT 66 MOD-I RN*, która powoduje ekspozycję równoważną 568UPTD. Dla eksplozywnej dekompresji z plateau saturacji leżącym w zakresie 30-50mEAD zaleca się dekompresję leczniczą według *TT 66 MOD-II RN*, która powoduje ekspozycję równoważną 750UPTD [7]. W tym przypadku należy także rozważyć możliwość użycia tabeli sub-saturacyjnej dekompresji leczniczej *TT 64 RN* [11].

Tabela 6
Zagrożenie DCS po eksplozywnej dekompresji z plateau saturacji nitroksowej i sposoby niwelowania tego zagrożenia według GB RN

EAD [mEAD]	Prawdopodobieństwo wystąpienia DCS	Prawdopodobne objawy DCS	Spodziewany czas zagrożenia [min]	Przeciwdziałanie
<7	niskie	bóle stawowe; brak zagrożenia życia	90+	60 min oddychania tlenem na powierzchni

>7÷18	zwiększające się z głębokością do wartości 30÷50% dla 18 mEAD	poważne bóle stawowe z towarzyszącymi objawami neurologicznymi	5÷90	TT 66 RN
>18÷30	zwiększające się z głębokością do wartości od ok.30% dla 18 mEAD do 100% dla 30 mEAD	wszyscy bóle stawowe i większość objawy neurologiczne i płucne; zagrożenie życia	3÷15	TT 66 MOD-I
>30÷50	100%	wszyscy bóle stawowe i większość objawy neurologiczne i płucne; zagrożenie życia	3÷15	TT 66 MOD-II

Adaptacja tabel saturacyjnych NOAA

NOAA od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku przeprowadziła wiele badań w dziedzinie saturacji nitroksowych. Podczas wieloletniego użytkowania tych systemów zaobserwowano jedynie kilka przypadków DCS. Systemy te zawierają także integralne saturacyjne tablety lecznicze. Doświadczenia NOAA zachęcają do zastanowienia się nad ich wykorzystaniem przy ratowaniu załóg OP.

Saturacje powietrzne możliwe są, według NOAA, do głębokości plateau 50fsw. W całym zakresie głębokości można stosować do oddychania nitroks, w którym ciśnienie cząstkowe tlenu zawiera się w granicach 21-50kPa. W nowych systemach NOAA dekompresja nitroksowa jest obliczona dla dolnej granicy tego ciśnienia.

Dekompresja

Od pierwszej edycji NOAA diving manual w 1975, NOAA zdobyła znaczne doświadczenie w prowadzeniu saturacji powietrznych i nitroksowych. Opisane tutaj sposoby dekompresji stanowią kompilację tych doświadczeń pochodzącą z czwartej edycji poradnika z 2001r. [4,5].

O wyborze profilu dekompresji decydują przede wszystkim: głębokość plateau saturacji, rodzaj czynnika oddechowego, głębokość ostatniej wycieczki z plateau saturacji oraz czas, jaki upłynął od tej wycieczki. Do tej pory NOAA wykorzystywała cztery systemy dekompresyjne przy różnego rodzaju eksperymentach. W 1976 opracowano system dekompresji powietrznej po saturacji powietrznej. Początkowo był on zaprojektowany dla maksymalnej głębokości plateau 60fsw, lecz został on zmodyfikowany przez ograniczenie tej głębokości do 50fsw – **tab.7**.

W następnym systemie wykorzystano tlen w celu zintensyfikowania procesu dekompresji **tab.8**. System ten zastosowano podczas eksperymentu HYDROLAB. Przeprowadzono ponad 300 osobo-dekompresji, podczas których udokumentowano jedynie pojedynczy przypadek DCS. Wystąpił on jednak podczas wykonywania lotu po dekompresji. Oprócz tego leczono jeszcze cztery przypadki wątpliwe [5].

Tabela 7

Tabela NOAA dekompresji powietrznej po saturacji powietrznej

Głębokość [fsw]	Szybkość dekompresji [fsw·min ⁻¹]	Czas [min]
50 → 30	6	120
30 → 28	22	44
28 → 26	23	46
26 → 24	24	48

24 → 22	25	50
22 → 20	26	52
20 → 18	27	54
18 → 16	28	56
16 → 13	29	87
13 → 10	30	90
10 → 8	31	62
8 → 6	32	64
6 → 4	33	68
4 → 2	34	68
Czas na głębokości	1	68 min
Całkowity czas dekompresji przy wykorzystaniu powietrza 975min (16:15). Szybkość przejścia na pierwszą stację dekompresyjną jest taka jak jest określona w tabeli na przejście pomiędzy stacjami.		

Tabela 8

Tabela NOAA dekompresji powietrzno-tlenowej z plateau saturacji 42fsw

Głębokość [fsw]	Szybkość dekompresji [fsw·min ⁻¹]	czas [min]	Rodzaj czynnika oddechowego
42 → 24	2	9	powietrze
24		180	
24 → 20	1	4	
20		180	
20 → 16	1	4	
16		180	
16 → 12	1	4	tlen
12		75	
12 → 8	1	4	powietrze
8		80	tlen
8 → 4	1	4	powietrze
4		90	tlen
4 → powierzchnia	1	4	powietrze
Całkowity czas dekompresji 418min (13:38). Istnieje możliwość przejścia dekompresji w habitacie na dnie, po której należy zwiększyć ciśnienie z szybkością 30fsw·min ⁻¹ i nurkowie mogą wypłynąć na powierzchnię.			

W **tab.9** i **tab.10** zaprezentowano dwa następane systemy NOAA obliczone dla normoksycznej saturacji nitroksowej. System opisany w **tab.9** stanowi obecnie procedurę standardową a opisany w **tab.10** procedurę wydłużoną¹²².

Ta ostatnia stosowana jest w przypadku, gdy różne przesłanki sugerują zwiększenie zagrożenia DCS¹²³.

W **tab.11** zebrano podstawowe informacje na temat wszystkich prezentowanych tutaj systemów dekompresji NOAA. Informacje te są pomocne przy wyborze odpowiedniej procedury dekompresyjnej.

¹²²konserwatywną

¹²³jak w przypadku ratowania załóg DISSUB

Wykorzystanie tabel NOAA

Możliwe jest wykorzystanie tabel saturacyjnych NOAA w ratowaniu załóg *DISSUB*, na których nastąpiło podniesienie ciśnienia i doszło do saturacji, pod warunkiem, że ciśnienie cząstkowe tlenu nie spadło poniżej 21kPa. Przekroczenie zaś wartości 50kPa ma wpływ na możliwość skrócenia czasu dekompresji, lecz system nie przewiduje takiej ewentualności, gdyż został on zaprojektowany dla takich warunków dekompresji, w których nie występuje zagrożenie toksycznością tlenową. Jest to niewątpliwie jego wada z punktu widzenia zastosowań ratowniczych. Wydaje się, że należy podjąć badania w celu określenia sposobów dekompresji po saturacji nitroksowej dla szerszego zakresu ciśnień cząstkowych tlenu, gdyż postępowanie według opisanych procedur dla ciśnień cząstkowych powyżej 50kPa aczkolwiek możliwe, może prowadzić do niepotrzebnego zwiększenia zagrożenia CNS. System NOAA posiada możliwość uwzględniania wycieczek z plateau saturacji do maksymalnej głębokości wynoszącej 250fsw.

Wycieczki bezdekompresyjne

System dekompresji nitroksowej NOAA uwzględnia możliwość wykonania wycieczek z plateau saturacji zarówno bezdekompresyjnych jak i wymagających dekompresji. Systemy bezdekompresyjne zostały policzone także dla czasów bez uwzględnienia ograniczeń wynikających z limitów związanych z toksycznością tlenową. Z tego też powodu są interesujące przy ratowaniu załóg *DISSUB*.

Tabela 9

Tabela NOAA standardowej dekompresji powietrzno-tlenowej z plateau saturacji normobarycznym nitroksmem

A	B			C		
Zakres głębokości plateau saturacji	Dekompresja do pierwszej stacji dekompresyjnej			Dalsze stacje dekompresyjne		
	Głębokość	Rodzaj czynnika oddechowego	Czas postoju	Głębokość	Rodzaj czynnika oddechowego	Czas postoju
[fsw]	[fsw]		[godz:min]	[fsw]		[godz:min]
96÷100	80	Powietrze	1:30	75	Powietrze	2:15
91÷95	75		1:30	70		2:25
86÷90	70		1:30	65		2:30
81÷85	65		1:35	60		2:35
76÷80	60		1:40	55		2:40
71÷75	55		1:40	50		2:45
66÷70	50		1:45	45		2:45
61÷65	45		1:45	40		2:00
56÷60	40		0:30	40		Tlen
				35	Tlen	1:00
51÷55	35	Tlen	0:45	30	Powietrze	0:30
				30	Tlen	1:00
46÷50	30	Tlen	0:45	25	Powietrze	2:00
				25	Tlen	1:00
41÷45	25	Tlen	1:00	20	Powietrze	0:30
				20	Tlen	1:00
36÷40	20	Tlen	1:00	15	Powietrze	2:00
31÷35	15		0:30	15	Tlen	1:00
26÷30	10		0:30	10	Powietrze	0:30
				10	Tlen	1:00
				5	Powietrze	0:30
				5	Tlen	0:30
22÷25	5	Tlen	0:30	30		0:30

0÷21	bezdekompresyjnie	Powierzchnia
<p>Wybrać głębokość plateau saturacji w kolumnie A, następnie należy przejść równoległe do kolumny B w celu określenia pierwszej stacji dekompresyjnej, następnie do kolumny C w celu określenia dalszej dekompresji. Szybkość wynurzania nie jest ściśle określona i powinna zawierać się w granicach $1 \div 30 fsw \cdot min^{-1}$. Czas dojścia do stacji wlicza się w czas postoju na stacji, na którą idziemy. Szybkość wynurzenia po odstaniu 30min na stacji 30fsw nie może przekraczać $10 fsw \cdot min^{-1}$.</p>		

Tabela 10

Tabela NOAA wydłużonej dekompresji powietrzno-tlenowej z plateau saturacji normobarycznym nitrokssem

A	B			C		
Zakres głębokości plateau saturacji [fsw]	Dekompresja do pierwszej stacji dekompresyjnej			Dalsze stacje dekompresyjne		
	Głębokość [fsw]	Rodzaj czynnika oddechowego	Czas postoju [godz:min]	Głębokość [fsw]	Rodzaj czynnika oddechowego	Czas postoju [godz:min]
96÷100	80	Powietrze	3:00	75	Powietrze	4:00
91÷95	75		3:00	70		4:00
86÷90	70		3:00	65		4:30
81÷85	65		3:00	60		4:30
76÷80	60		3:00	55		5:00
71÷75	55		3:30	50		5:00
66÷70	50		3:30	45		5:00
61÷65	45		3:30	40		5:00
56÷60	40		4:00	35		0:30
				35	Tlen	1:00
51÷55	35	Tlen	1:00	35	Powietrze	0:30
				35	Tlen	1:00
				30	Powietrze	2:00
46÷50	30	Powietrze	2:00	30	Tlen	1:00
				25	Powietrze	0:30
				25	Tlen	1:00
41÷45	25	Tlen	0:30	25	Powietrze	0:30
				25	Tlen	1:00
				20	Powietrze	3:00
36÷40	20	Powietrze	1:30	20	Tlen	1:00
				15	Powietrze	0:30
				15	Tlen	1:00
31÷35	15	Tlen	1:00	15	Powietrze	0:30
				15	Tlen	1:00
				10	Powietrze	4:00
26÷30	10	Powietrze	2:00	10	Tlen	1:00
				5	Powietrze	0:30
				5	Tlen	1:00
				5	Powietrze	0:30
				5	Tlen	1:00
22÷25	5	Tlen	0:30	30	Tlen	0:30
0÷21	bezdekompresyjnie			Powierzchnia		
Procedura wynurzania tak jak dla tab.9						

Tabela 11

Sumaryczne informacje na temat systemów dekompresji NOAA po saturacji z wykorzystaniem nitroksu

Maksymalna głębokość plateau saturacji [fsw]	Czas dekompresji z plateau saturacji [godz]					Czas oddychania tlenem [godz]
	Plateau saturacji [fsw]					
	maksymalne	100	80	60	40	
50	16,3				15,3	-
42	13,6				13,6	4,1
100	34,9	36,0	25,3	14,0	7,0	7,5
100	64,5	64,5	47,5	28,5	14,0	11,5

Zakres głębokości plateau saturacji	Wykorzystanie tlenu podczas dekompresji	Procedura dekompresyjna zawarta w tabeli	Uwagi
0÷26	nie	bezdekompresyjna	Jeśli ciśnienie cząstkowe azotu nie przekracza 47fsw, np. dla saturacji powietrznej na głębokości plateau wynoszącej 46fsw
26÷50	nie	7	Procedura przewidziana dla dekompresji po saturacji powietrznej do maksymalnej głębokości plateau saturacji wynoszącej 50fsw
42	tak	8	Procedura przewidziana dla saturacji w pobliżu głębokości plateau wynoszącej 42fsw bądź płytszej
22÷100	tak	9	Procedura przewidziana dla normooksycyjnej mieszaniny nitroksowej zalecana, gdy dekompresja ma być stosunkowo krótka. Wymagane użycie tlenu.
22÷100	tak	10	Procedura przewidziana dla normooksycyjnej mieszaniny nitroksowej zalecana, gdy spodziewane jest zwiększone zagrożenie DCS. Wymagane użycie tlenu.

W **tab.12** podano czasy możliwych bezdekompresyjnych wycieczek z plateau saturacji przy wykorzystaniu powietrza lub normooksycyjnego nitroksu jako czynnika oddechowego¹²⁴. W **tab.13** podano maksymalne czasy bezdekompresyjnych ekspozycji bez uwzględnienia limitów ekspozycji tlenowych zamieszczonych w **tab.14**. Prawidłowy wybór dozwolonego czasu bezdekompresyjnej wycieczki z plateau saturacji dla wartości pośrednich pomiędzy umieszczonymi w tabelach musi być zaokrąglany w górę do następnej¹²⁵ reprezentowanej w tabeli głębokości plateau saturacji oraz następnej większej głębokości reprezentowanej w tabeli wycieczki. Ekspozycje zawarte w **tab.13** oraz te ekspozycje z **tab.12**, które reprezentują profile bez uwzględnienia ograniczeń związanych z toksycznością tlenową są interesujące z punktu widzenia ratowania załóg *DISSUB*.

Przy oddychaniu powietrzem podczas nurkowań z plateau saturacji maksymalną, dozwoloną głębokością wycieczki jest 215fsw. Wycieczka poniżej plateau saturacji jest możliwa natychmiast po wycieczce na głębokość mniejszą od plateau saturacji. Szybkość powrotu na plateau saturacji nie powinna być większa niż 30fsw·min⁻¹. Krótkie wycieczki na głębokości większe niż plateau saturacji mają jedynie niewielki wpływ na zwiększenie zagrożenia DCS. Długie wycieczki poniżej plateau saturacji mają niebagatelny wpływ na możliwość

¹²⁴gdzie zaciemnione pole reprezentuje ekspozycje, dla których nie uwzględniono a jasne, dla których uwzględniono limity dla bezpiecznych ekspozycji tlenowych NOAA – **tab.14**

¹²⁵płytszej

podejmowania następnych¹²⁶. Istnieją możliwości awaryjnego podjęcia wcześniejszych dodatkowych wycieczek, lecz z punktu widzenia ratowania załóg *DISSUB* zagadnienie to jest mało istotne i podobnie jak nurkowania powtarzalne nie będzie tutaj prezentowane.

Ciśnienie cząstkowe tlenu na plateau saturacji nie wpływa na możliwość podjęcia wycieczek o ile zawiera się w dopuszczalnych granicach. W tym przypadku należy zwrócić uwagę na fakt, że przy ratowaniu załóg *DISSUB* często może zaistnieć nieplanowana sytuacja, gdy ciśnienie cząstkowe tlenu będzie leżało poniżej granicy normoksycznej. Wykorzystanie, jako czynnika oddechowego, zubożonego w tlen powietrza musi być uwzględnione przy dekompresji po zaistniałych wycieczkach. Z powyższych powodów należy podjąć studia nad tymi problemami, jeżeli procedury wycieczek mają być wykorzystywane w ratownictwie załóg *DISSUB*.

Wycieczki dekompresyjne z plateau saturacji

Tabele dekompresyjne NOAA dopuszczają także możliwość podejmowania krótkich wycieczek na głębokości, dla których wymagane będzie odbycie dekompresji przy powrocie na plateau saturacji. Wykorzystuje się w tym celu tabele dekompresji powietrznej *USM* [13,14] po odpowiednim ich przeliczeniu. Głębokość nurkowania traktowana jest jako głębokość wycieczki poniżej plateau saturacji, a czas pobytu na dnie, jako czas wycieczki. Poszczególne stacje dekompresyjne muszą być odpowiednio przeliczone w stosunku do głębokości plateau saturacji [14].

Dekompresja po wycieczce

Finalna dekompresja z plateau saturacji nie może być podjęta natychmiast po powrocie z wycieczki na głębokości poniżej plateau. Wymagane czasy odpoczynku po wycieczce podano w **tab.15**. W przypadku konieczności podjęcia natychmiastowej dekompresji możliwe jest podniesienie plateau saturacji do głębokości wycieczki i rozpoczęcie jej z nowego plateau.

Saturacyjne tabele lecznicze

Niezależnie od tego czy symptomy *DCS* powstały lub są spodziewane po odbyciu wycieczki czy podczas, lub po dekompresji z plateau saturacji, nurek powinien być przebadany przez lekarza specjalistę¹²⁷ i poddany dekompresji/rekompresji leczniczej z wykorzystaniem tlenu.

Jeżeli objawy *DCS* są jedynie wysoce prawdopodobne, to i tak należy podjąć niezwłocznie leczenie. Dobór odpowiedniej tabeli leczniczej¹²⁸ ułatwiają wiadomości zawarte w **tab.16**.

¹²⁶przykładowo, po 6godz nurkowaniu na głębokości większe niż 30fsw poniżej plateau saturacji można podjąć następną wycieczkę poniżej plateau saturacji dopiero po 36godz odpoczynku

¹²⁷Diving Medical Officer – *DMO*

¹²⁸Treatment tables – *TT*

Tabela 12

Dozwolone bezdekompresyjne wycieczki z plateau saturacji nitroksowej z uwzględnieniem **tab.14**

Głębokość bezdekompresyjnej wycieczki	[fsw]	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215
Ciśnienie cząstkowe tlenu	[kPa]	72	75	78	81	84	88	91	94	97	101	103	107	110	113	116	119	122	126	129	132	136	138	142	145	148	151	154	157
Głębokość plateau saturacji	[fsw]	Bezdekompresyjny dozwolony czas wycieczki z plateau saturacji [min]																											
35	350	267	156	113	91	78	68	60	55	50	45	40	36	32	28	24	22	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7	
40	*	*	283	229	143	108	89	77	68	61	54	46	41	37	34	31	28	25	22	20	16	14	13	11	10	9	9	8	
45	*	*	*	301	240	202	147	112	92	80	70	59	50	44	39	35	32	30	28	25	23	21	17	15	13	12	11	10	
50	*	*	*	*	323	253	210	181	137	108	91	69	56	48	42	38	34	31	29	27	25	23	22	21	18	16	14	12	
55	*	*	*	*	*	350	267	219	187	164	140	86	64	53	45	40	36	33	30	28	26	24	22	21	20	19	18	16	
60	*	*	*	*	*	*	314	245	203	174	153	137	86	63	52	45	40	36	32	30	27	25	24	22	21	20	19	18	
65	*	*	*	*	*	*	330	284	224	187	161	142	127	85	63	52	45	39	35	32	29	27	25	23	22	21	19	18	
70	*	*	*	*	*	*	330	315	236	191	162	145	128	111	85	63	51	44	39	35	32	29	27	25	23	22	20	19	
75	*	*	*	*	*	*	330	330	279	213	174	148	129	114	103	84	62	51	44	39	35	31	29	26	25	23	21	20	
80		*	*	*	*	*	330	330	300	270	270	240	228	191	165	145	95	66	53	45	40	35	32	29	27	25	23	22	
85			*	*	*	*	330	330	300	270	270	240	240	225	210	210	195	122	70	55	47	41	36	32	29	27	25	23	
90				*	*	*	330	330	300	270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	95	66	54	46	40	36	32	29	27	
95					*	*	330	330	300	270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	165	150	97	68	55	47	41	37	33	
100						*	330	330	300	270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	165	150	150	135	113	80	62	52	45	
105							330	330	300	270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	165	150	150	135	135	120	83	83	45	
110								330	300	270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	165	150	150	135	135	120	83	83	45	
115									300	270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	165	150	150	135	135	120	83	83	45	
120										270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	165	150	150	135	135	120	83	83	45	
125										270	270	240	240	225	210	210	195	180	180	165	150	150	135	135	120	83	83	45	

* gwiazdką oznaczono limit czasowy do 6 godz
zaciemnione pola nie uwzględniają limitów ekspozycji tlenowych z **tab.14**

Tabela 13

Bezdekompresyjne wycieczki z plateau saturacji nitroksowej bez uwzględnienia ograniczeń związanych z toksycznością tlenową

Głębokość bezdekompresyjnej wycieczki	[fsw]	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250		
Ciśnienie cząstkowe tlenu	[kPa]	72	75	78	81	84	88	91	94	97	101	103	107	110	113	116	119	122	126	129	132	136	138	142	145	148	151	154	157	161	164	167	171	173	176	180		
Głębokość plateau saturacji	[fsw]	Bezdekompresyjny dozwolony czas wycieczki z plateau saturacji [min]																																				
30	350	267	156	113	91	78	68	60	55	50	45	40	36	32	28	24	22	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	5	5	-			
35	*	*	283	229	143	108	89	77	68	61	54	46	41	37	34	31	28	25	22	20	16	14	13	11	10	9	9	8	7	7	6	6	5	5	5	5		
40	*	*	*	301	240	202	147	112	92	80	70	59	50	44	39	35	32	30	28	25	23	21	17	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6		
45	*	*	*	*	323	253	210	181	137	108	91	69	56	48	42	38	34	31	29	27	25	23	22	21	18	16	14	12	11	10	9	9	8	8	8	7		
50	*	*	*	*	*	350	267	219	187	164	140	86	64	53	45	40	36	33	30	28	26	24	22	21	20	19	18	16	14	13	12	11	10	9	8	8		
55	*	*	*	*	*	*	314	245	203	174	153	137	86	63	52	45	40	36	32	30	27	25	24	22	21	20	19	18	17	15	13	12	11	10	9	9	9	
60	*	*	*	*	*	*	*	284	224	187	161	142	127	85	63	52	45	39	35	32	29	27	25	23	22	21	19	18	17	17	15	13	14	11	10	10	10	
65	*	*	*	*	*	*	*	315	236	191	162	145	128	111	85	63	51	44	39	35	32	29	27	25	23	22	20	19	18	17	16	16	14	12	11	11	11	
70	*	*	*	*	*	*	*	*	279	213	174	148	129	114	103	84	62	51	44	39	35	31	29	26	25	23	21	20	19	18	17	16	15	14	13	13	13	
75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	288	228	191	165	145	95	66	53	45	40	35	32	29	27	25	23	22	20	19	18	17	16	16	15	15	15	
80	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	317	225	215	122	70	55	47	41	36	32	29	27	25	23	22	20	19	18	17	16	15	15	15	
85	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	328	265	225	95	66	54	46	40	36	32	29	27	25	23	22	22	19	18	17	17	17	
90	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	339	275	168	97	68	55	47	41	37	33	30	28	26	24	23	21	20	20	20	
95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	306	227	143	113	80	62	52	46	40	37	33	31	28	26	25	25	25	25	
100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	354	308	262	174	129	107	77	62	53	46	41	38	35	35	
105	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	334	294	257	176	132	83	65	55	48	43	39	39
110	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	347	303	270	243	163	91	68	57	49	44	44
115	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	329	291	261	237	101	72	59	51	51
120	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	51

* gwiazdką oznaczono limit czasowy do 6 godz

Tabela 14

Dozwolone ciśnienia cząstkowe i czasy ekspozycji tlenowych akceptowane przez NOAA [3]

Ekspozycje standardowe				
Ciśnienie cząstkowe tlenu	Dozwolony czas ekspozycji		Maksymalny czas ekspozycji przez okres 24godz	
	[kPa]	[min]	[godz]	[min]
160	45	0,75	150	2,5
150	120	2,0	180	3,0
140	150	2,5	180	3,0
130	180	3,0	210	3,5
120	210	3,5	240	4,0
110	240	4,0	270	4,5
100	300	5,0	300	5,0
90	360	6,0	360	6,0
80	450	7,5	450	7,5
70	570	9,5	570	9,5
60	720	12,0	720	12,0
Ekspozycje wyjątkowe				
200	30	0,50		
190	45	0,75		
180	60	1,00		
170	75	1,25		
160	120	2,0		
150	150	2,5		
140	180	3,0		
130	240	4,0		
UWAGA !				
-Jeżeli jedno z nurkowań doprowadziło do wykorzystania lub przekroczenia dozwolonego czasu ekspozycji, to nurek przed dalszymi ekspozycjami musi odpocząć minimum 2godz na powierzchni.				
-Jeżeli jedno lub wiele nurkowań w ciągu 24godz, doprowadziło do wykorzystania lub przekroczenia maksymalnego czasu ekspozycji przez 24godz, to nurek musi odpocząć przed dalszymi ekspozycjami minimum 12godz na powierzchni				

Zależnie od tego, w której fazie operacji wystąpiły objawy *DCS* postępowanie może być różne. Jeżeli nastąpiły one po zakończeniu saturacji lub pod koniec dekompresji z plateau saturacji, to nurkowie powinni być poddani dekompresji leczniczej. Jeżeli natomiast objawy *DCS* wystąpiły na skutek zakończonej wycieczki z plateau saturacji, to nurek (nurkowie) biorący udział w wycieczce musi być odseparowany i poddany dekompresji leczniczej. Zestaw saturacyjnych tabel dekompresji/rekompresji leczniczej podano w **tab.17÷19**.

Wnioski

W artykule opisano aktualny stan wiedzy dotyczącej możliwości wykonania dekompresji załogi *DISSUB* po ich saturacji. Badania nad akceleracją dekompresji dają możliwość skrócenia wymaganej dekompresji. Przedstawione wyniki badań uzmysławiają, że należy podjąć badania nad wdrożeniem tych systemów w *MWRP*.

Tabela 15

Wymagany czas odpoczynku, który musi upłynąć po wycieczce do chwili podjęcia dekompresji z plateau saturacji

Głębokość wycieczki poniżej plateau saturacji	Czas trwania wycieczki	Czas jaki musi upłynąć przed dekompresją z plateau saturacji
[fsw]	[godz]	[godz]
Wszystkie dozwolone głębokości	<1	4
<50	1÷2	4
<50	2-4	12
<50	>4	24
50÷100	1÷2	16
50÷100	>2	36
>100	1÷2	30
>100	>2	48

Tabela 16

Zestawienie podstawowych parametrów saturacyjnych tabel NOAA dekompresji/dekompresji leczniczej

№ TT	Głębokość maksymalna	Komentarz
	[fsw]	
SAT 5	60	Awaryjna ewakuacja z plateau saturacji
SAT 5 E	60	Awaryjna wersja SAT 5 TT wykorzystywana w sytuacji wymagającej maksymalnego skrócenia czasu leczenia, np. ze względu na warunki meteorologiczne lub awarię sprzętu
SAT 6	60	Do leczenia DCS po odbyciu wycieczki z plateau saturacji
SAT 6 E	60	Awaryjna wersja SAT 6 TT wykorzystywana w sytuacji wymagającej maksymalnego skrócenia czasu leczenia, np. ze względu na warunki meteorologiczne lub awarię sprzętu
SAT 6 A	165	Do leczenia poważnych objawów AGE
Wszystkie tablete lecznicze wymagają użycia tlenu		



Tabela 17

Saturacyjne tabele NOAA SAT 5 i SAT 5 E dekompresji/dekompresji leczniczej

Głębokość	SAT 5			SAT 5 E		
	Czas postoju/ przejścia	Czas operacyjny	Rodzaj czynnika oddechowego	Czas postoju/ przejścia	Czas operacyjny	Rodzaj czynnika oddechowego
[fsw]	[min]	[godz:min]		[min]	[godz:min]	
60	20	0:20	tlen	20	0:20	tlen
60	5	0:25	powietrze	5	0:25	powietrze
60	20	0:45	tlen	20	0:45	tlen
60 → 45	15	1:00	tlen	15	1:00	tlen
45	15	1:15	tlen	15	1:15	tlen
45 → 30	5*)	1:20*)	powietrze*)	5*)	1:20*)	powietrze*)
30	20	1:40	tlen	20	1:40	tlen
30	5	1:45	powietrze	5	1:45	powietrze
30 → 25	5	1:50	tlen	5	1:50	tlen
25	5	1:55	tlen	5	1:55	tlen
25 → 20	5	2:00	powietrze	5	2:00	tlen
20	85	3:25	powietrze	55	2:55	tlen
20	60	4:25	tlen			
20 → 15	5	4:30	powietrze	5	3:00	powietrze
15	25	4:55	powietrze	115	4:55	powietrze
15	60	5:55	tlen	60	5:55	tlen
15	30	6:25	powietrze			
15	60	7:25	tlen			
15 → 10	5	7:30	powietrze	5	6:00	powietrze
10	235	11:25	powietrze	25	6:25	powietrze
10	60	12:25	tlen	60	7:25	tlen
10 → 5	5	12:30	powietrze	5	7:30	powietrze
5	25	12:55	powietrze	25	7:55	powietrze
5	60	13:55	tlen	30	8:25	tlen
5	30	14:25	powietrze			
5	60	15:25	tlen			
5 → 30	1	15:26	tlen	1	8:26	tlen
30	30	15:56	tlen	30	5:56	tlen
30 → 15	5*)	16:01*)	tlen*)	15		tlen
15	25	16:26	tlen	15		tlen
15 → powierzchnia	15	16:41	tlen	15	9:41	tlen
szybkość zanurzania 25 fsw·min ⁻¹ szybkość wynurzania 1 fsw·min ⁻¹ *)szybkość wynurzania 3 fsw·min ⁻¹						

Tabela 18

Saturacyjne tabele NOAA SAT 6 i SAT 6 E dekompresji/dekompresji leczniczej

Głębokość	SAT 6			SAT 6 E		
	Czas postoju/przejścia	Czas operacyjny	Rodzaj czynnika oddechowego	Czas postoju/przejścia	Czas operacyjny	Rodzaj czynnika oddechowego
[fsw]	[min]	[godz:min]		[min]	[godz:min]	
60	20	0:20	tlen	20	0:20	tlen
60	5	0:25	powietrze	5	0:25	powietrze
60	20	0:45	tlen	20	0:45	tlen
60	5	0:50	powietrze	5	0:50	powietrze
60	20	1:10	tlen	20	1:10	tlen
60	5	1:15	powietrze	5	1:15	powietrze
60 → 45	15	1:30	tlen	15	1:30	tlen
45	15	1:45	tlen	15	1:45	tlen
45 → 30	15	2:00	powietrze	15	2:00	powietrze
30	60	3:00	tlen	60	3:00	tlen
30	15	3:15	powietrze	15	3:15	powietrze
30	60	4:15	tlen	60	4:15	tlen
30 → 25	5	4:20	tlen	5	4:20	tlen
25	5	4:25	powietrze	5	4:25	powietrze
25 → 20	5	4:30	tlen	5	4:30	tlen
20	85	5:55	powietrze	55	5:25	tlen
20	60	6:55	tlen			
20 → 15	5	7:00	powietrze	5	5:30	powietrze
15	25	7:25	powietrze	115	7:25	powietrze
15	60	8:25	tlen	60	8:25	tlen
15	30	8:55	powietrze			
15	60	9:55	tlen			
15 → 10	5	10:00	powietrze	5	8:30	powietrze
10	235	13:55	powietrze	25	8:55	powietrze
10	60	14:55	tlen	60	9:55	tlen
10 → 5	5	15:00	powietrze	5	10:00	powietrze
5	25	15:25	powietrze	25	10:25	powietrze
5	60	16:25	tlen	30	10:55	tlen
5	30	16:55	powietrze			
5	60	17:55	tlen			
5 → 30	1	17:56	tlen	1	10:56	tlen
30	30	18:26	tlen	30	11:26	tlen
30 → 15	15	18:41	tlen	15	11:41	tlen
15	15	18:56	tlen	15	11:56	tlen
15 → powierzchnia	15	19:11	tlen	15	12:11	tlen
szybkość zanurzenia 25 fsw·min ⁻¹ szybkość wynurzenia 1 fsw·min ⁻¹						

Tabela 19

Saturacyjna tabela NOAA SAT 6 A dekompresji/dekompresji leczniczej

Głębokość [fsw]	SAT 6 A			Uwagi
	Czas postoju/ przejścia [min]	Czas operacyjny [godz:min]	Rodzaj czynnika oddechowego	
60	20	0:20	tlen	
60 → 165	5	0:25	powietrze	opcjonalnie
165	30	0:55	powietrze	
165 → 112	53	1:48	powietrze	
112	4	1:52	powietrze	
112 → 60	52	2:44	powietrze	
60	20	3:04	tlen	
60	5	3:09	powietrze	
60	20	3:29	tlen	
60	5	3:34	powietrze	
60	20	3:54	tlen	
60	5	3:59	powietrze	
60 → 45	15	4:14	tlen	
45	15	4:29	tlen	
45 → 30	15	4:44	powietrze	
30	60	5:44	tlen	
30	15	5:59	powietrze	
30	60	6:59	tlen	
30 → 25	5	7:04	tlen	
25	5	7:09	tlen	
25 → 20	5	7:14	powietrze	
20	85	8:39	powietrze	
20	60	8:39	tlen	
20 → 15	5	8:44	powietrze	
15	25	10:09	powietrze	
15	60	10:09	tlen	
15	30	11:39	powietrze	
15	60	12:39	tlen	
15 → 10	5	12:44	powietrze	
10	235	16:39	powietrze	
10	60	17:39	tlen	
10 → 5	5	17:44	powietrze	
5	25	18:09	powietrze	
5	60	19:09	tlen	
5	30	19:39	powietrze	
5	60	20:39	tlen	
5 → 30	1	20:40	tlen	
30	30	21:10	tlen	
30 → 15	15	21:25	tlen	
15	15	21:40	tlen	
15 → powierzchnia	15	21:55	tlen	
szybkość zanurzenia 25 fsw·min ⁻¹ szybkość wynurzenia 1 fsw·min ⁻¹				

Uzupełnienie przytoczonych tutaj badań nad dekompresją akcelerowaną jest trudne w warunkach krajowych z powodów finansowych, dlatego wstępną ocenę oparto jedynie o analizę dostępnego piśmiennictwa. Porównano oszacowanie zagrożenia *DCS* według *USN* [6] z modelem otrzymanym z regresji logistycznej poprzez wyznaczenie korelacji pomiędzy modelami – **rys.2**. Wykonane w **tab.5** obliczenia pokazują, że procedura z *240min* akceleracją dla profilu *N2* i *180min* akceleracją dla profilu *N6* stwarzają to samo zagrożenie *DCS*, lecz profil *N6* jest o ponad *30min* krótszy.

Na podstawie **rys.2** widać, że istnieje stosunkowo wysoka korelacja pomiędzy wynikami według procedury *Fd7Vk3SSM US Navy* [6], a modelem regresji logistycznej, biorąc pod uwagę stosunkowo małą populację wyników eksperymentów. Można stąd wnioskować, że regresja logistyczna jest obiecującą metodą predykcji zagrożenia *DCS* łączącą podejście statystyczne z deterministycznym.

Zastosowanie funkcji logistycznej daje przesłanki do wzięcia pod uwagę dodatkowego profilu dekompresji *N2*, z *240min* czasem akceleracji, jako bardzo przydatnego podczas akcji ratowniczej. Profil ten nie był potwierdzony doświadczalnie. Jeżeli wyniki badań dodatkowych potwierdziłyby niski stopień zagrożenia *DCS*, to jego zastosowanie przyczyniłoby się do przyspieszenia procesu dekompresji załóg okrętów podwodnych.

Piśmiennictwo

1. Bennett P.B., Elliott D.H.: The physiology and medicine of diving. WB Saunders Co., London 1993
2. Huggins K.E. 1992: The Dynamics of Decompression Workbook: The University of Michigan Ann Arbor: Michigan 1992
3. Kłós R.: Aparaty Nurkowe z regeneracją czynnika oddechowego: KOOPgraf Poznań 2000
4. NOAA Diving Manual – diving for science and technology: US Department of Commerce 1991
5. NOAA Diving Manual – diving for science and technology: US Department of Commerce 2001
6. Report US NEDU TR 11-00: Accelerated decompression using oxygen for submarine rescue – summary report and operational guidance: Panama City 2000
7. Report IMM Nr R2002: Benton P.J.: Accelerated decompression following rescue from a pressurised submarine - interim procedures: Royal Navy 2002
8. STANAG 1269 AMedP-11 Handbook on maritime medicine: NATO Standardization Agency 1983
9. STANAG 1372 ADivP-1: Allied Guide to Diving Operations: NATO Standardization Agency 2000
10. STANAG 1390 ATP-57: The submarine rescue manual: NATO Standardization Agency 1999
11. STANAG 1432 ADivP-2: Multinational Guide to Diving Medical Disorders: NATO Standardization Agency 2000
12. Tabele dekompresji i rekompresji nurków: Sygn.Mar.Woj.860/81: Dowództwo Marynarki Wojennej Gdynia 1982
13. US Navy diving manual: Best Publishing Co. Carson California 1980
14. US Navy Diving Manual: SS521-AG-PRO-010 Direction of Commander, Naval Sea Systems Command 1999 (Rev.4 March 2001)

Recenzent: doc.dr hab.med. Romuald Olszański

Autor:

dr inż. Ryszard Kłós – Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia

Adam Olejnik, Piotr Siermontowski

ANALIZA PUBLIKACJI CZASOPISMA „POLISH HYPERBARIC RESEARCH” ORAZ SPRAWOZDANIE Z DZIAŁALNOŚCI REDKACJI W ROKU 2004 – 2005

W artykule przedstawiono sprawozdanie roczne z działalności pisma Polish Hyperbaric Research zawierające ocenę parametryczną pisma na podstawie przyjętych wskaźników. Przedstawiono również podstawowe problemy redakcji pisma związane z jego wydawaniem i edycją w latach 2004 – 2005.

WSTĘP

W grudniu 2004 roku decyzją Zarządu Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej dotychczasowy coroczny Biuletyn Towarzystwa został przekształcony w nowe wydawnictwo o nazwie Polish Hyperbaric Research. Z założenia pismo miało być kwartalnikiem zawierającym tematykę związaną ze statutową działalnością Towarzystwa, co doskonale komponuje się z zapisami zawartymi w naszym Statucie odnoszącymi się do propagowania wiedzy na temat osiągnięć krajowych ośrodków naukowych i indywidualnych dokonań poszczególnych pracowników nauki. W opinii redakcji oraz Rady Naukowej czasopisma, wyrażonej na posiedzeniu w dniu 17 grudnia 2005 roku, przyjęte założenia zostały osiągnięte. Podstawowe problemy redakcji, jakie napotkano w roku 2005 to uzyskanie funduszy na wydawanie pisma, uzyskanie numeru ISSN oraz punktacji za publikację w czasopiśmie. Poniższy artykuł jest próbą analizy rocznej działalności pisma pod względem kilku wskaźników za pomocą, których chcemy określić jakość naszego wydawnictwa oraz przygotować podstawy do corocznej oceny parametrycznej, co pozwoli szacować kierunki rozwoju oraz bieżące osiągnięcia.

1. OCENA PARAMETRYCZNA PISMA

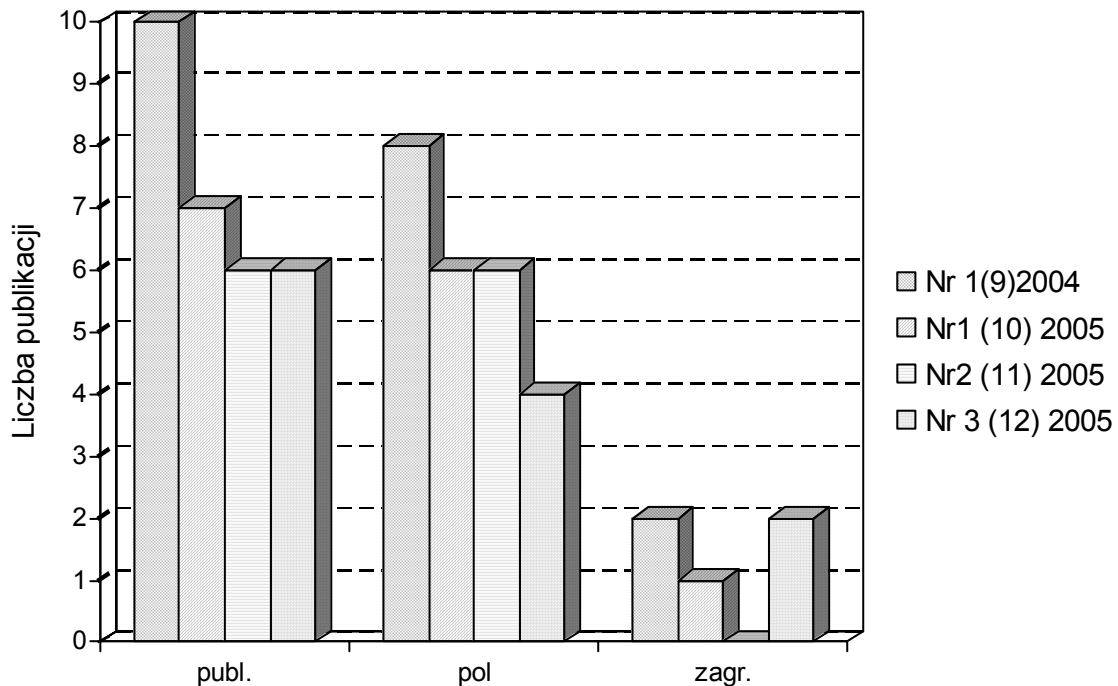
Analizie poddano numery PHR od grudnia 2004 roku (Nr 1(9)2004) do listopada 2005 (Nr3 (12) 2005), co wynika z faktu ukazania się pierwszego numeru w nowej konwencji podczas konferencji Towarzystwa w roku 2004. W związku z powyższym ten sam okres wydawniczy będzie podlegał analizie w latach następnych. Do oceny działalności przyjęto następujące wskaźniki parametryczne:

- łączna ilość publikacji w danym roku kalendarzowym,
- podział publikacji na dziedziny,
- przekrój tytułów i stopni naukowych autorów publikacji,
- ocena punktowa publikacji zawarta w recenzjach,
- klasyfikacja publikacji zawarta w recenzjach.

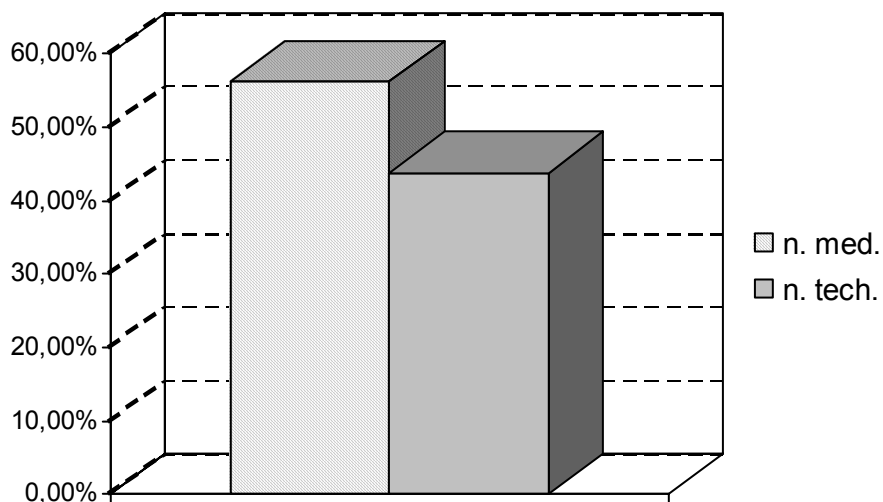
Od grudnia 2004 roku ukazały się łącznie 4 numery czasopisma zawierające razem 29 publikacji merytorycznych, których średnia objętość wynosiła 12 stron, każda z nich zawierała średnio 2 tabele i 4 rysunki oraz wykaz literatury zawierający 10 pozycji. Wydanie 4 numerów zajęło łącznie 228 stron maszynopisu formatu A4. Każda z publikacji przed wydaniem poddana została weryfikacji w drodze recenzji napisanej przez samodzielnego pracownika nauki. Recenzja pracy obejmuje ocenę wartości naukowej, ocenę punktową pracy (w skali od 0 do 55 pkt), klasyfikację publikacji oraz

jej ocenę opisową. Dużym zaskoczeniem dla redakcji były publikacje autorów zagranicznych, dzięki którym pismo dotarło również na inne kontynenty. Na łamach pisma wyniki swoich prac opublikowali między innymi pracownicy naukowcy Uniwersytetu Fukuoda (Japonia), Uniwersytetu w Wisconsin (USA) oraz Defence and Civil Institute of Environmental Medicine (Holandia). Na rysunku poniżej przedstawiono zestawienie ilościowe publikacji z rozgraniczeniem na autorów krajowych i zagranicznych (Rys. 1)

Rys. 1. Ilość publikacji w analizowanym okresie z podziałem na poszczególne numery pisma oraz autorów krajowych i zagranicznych.



Zdecydowana większość prezentowanych prac dotyczy zagadnień medycznych, które obejmują następujące (wybrane) słowa kluczowe: dekompresja, homeostaza, apoptoza adaptacyjna, stres oksydacyjny, białka stresowe itp. i przede wszystkim dotyczą zagadnień związanych z wpływem hiperbarii na organizm człowieka, fizjopatologii nurkowania i bezpieczeństwa dekompresji. W przypadku artykułów technicznych, których zdaniem redakcji jest ciągle za mało, tematyka zazwyczaj obejmowała zagadnienia związane z eksploatacją systemów hiperbarycznych, rozwojem i badaniami techniki nurkowej, metodami poszukiwania zatopionych obiektów oraz technologii wykorzystania i projektowania bezzałogowych pojazdów podwodnych. Zagadnienia powyższe obejmują następujące (wybrane) słowa kluczowe: nurkowanie, dekompresja, prace podwodne, systemy hiperbaryczne, technika nurkowa, bezzałogowe pojazdy podwodne i inne. Ogólnie w analizowanym okresie na łączną ilość publikacji 56, 20% artykułów stanowiły prace z dziedziny medycyny, a 43,8% prace z dziedziny nauk technicznych. (Rys. 2).

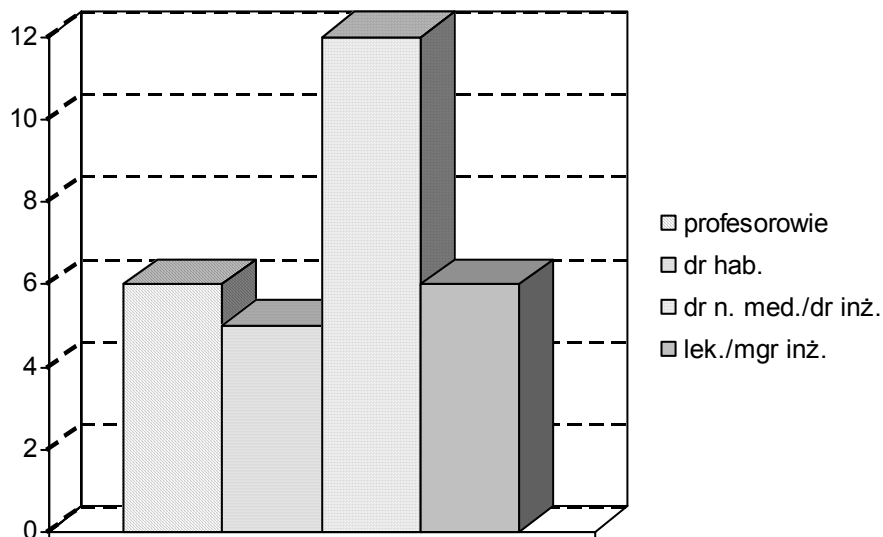


Rys.

2.

Procentowy udział publikacji medycznych i technicznych w analizowanym okresie.

Struktura stopni i tytułów naukowych autorów publikujących wyniki swoich prac w czasopiśmie jest szeroka i obejmuje cały przekrój środowiska naukowego. Począwszy od adeptów badań naukowych, pracowników ze stopniem doktora po samodzielnych pracowników naukowych, których prace stanowią około 37% publikowanych materiałów. Szczegóły przedstawiono na kolejnym rysunku (Rys. 3).



Rys. 3. Przekrój tytułów i stopni naukowych autorów publikacji w analizowanym okresie.

Czasopismo takie jak Polish Hyperbaric Research nie mogłoby istnieć bez pracy członków Rady Naukowej oraz Recenzentów nadsyłanych prac. Redakcja ma duży szacunek dla wysiłków Recenzentów wkładanych w poziom merytoryczny publikowanych materiałów, który przejawia się wnikliwą oceną przedstawianych przez autorów artykułów. Od numeru 2 PHR, wprowadzono specjalny formularz recenzji, który ma pomóc recenzentom w ocenie opiniowanej pracy. Jak wspomniano już wcześniej na recenzję składa się między innymi ocena wartości naukowej obejmująca: umiejętność sformułowania celu naukowego lub celu praktycznego opisywanych badań, wartość poznawczą publikacji, znaczenie wyników dla nauki, praktyki oraz dydaktyki. Ostatnim elementem oceny wartości naukowej pracy jest ocena ilościowa (punktowa) w zakresie od 0 do 55 pkt., gdzie przyjęto zasadę, że praca oceniona na poziomie 10 i mniej punktów nie będzie publikowana.

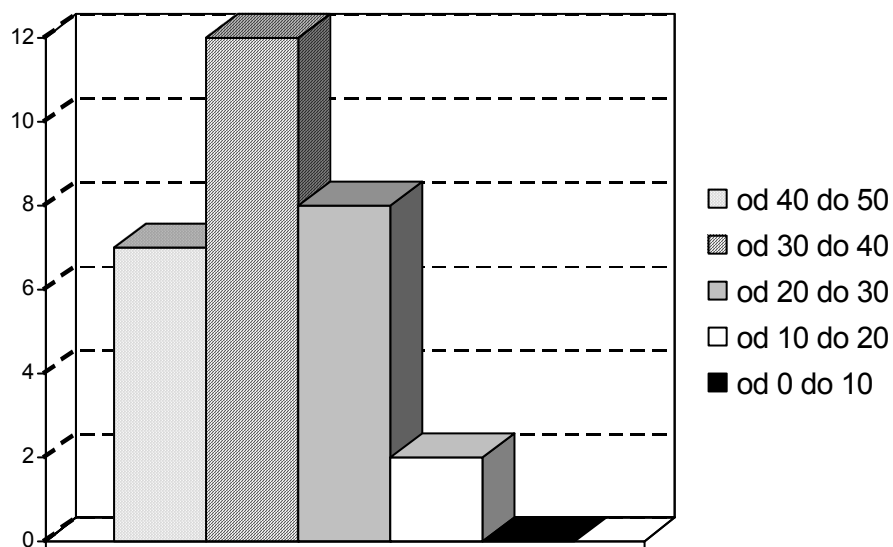
Drugim elementem recenzji jest klasyfikacja naukowa opiniowanej pracy. Powyższa klasyfikacja została zaczerpnięta z pracy prof. Czesława Cempla z Politechniki Poznańskiej¹²⁹. Powyższa klasyfikacja przewiduje następujący podział prac naukowych [tamże]:

- podstawowa publikacja naukowa: pierwsze oryginalne przedstawienie wyników badań pozwalające na niezależną od autora ocenę wyników badań, procesu myślowego oraz pozwalające na powtórzenie opisanych badań w celu ich weryfikacji dostępna do odbioru zmysłowego w trwałej postaci (np. druk),
- publikacja przeglądowa: podsumowuje, analizuje i syntezuje istniejący stan wiedzy w danej dziedzinie,
- publikacja konferencyjna: przegląd ostatnich prac osoby bądź ośrodka lub części koncepcja i myśli do dyskusji nie całkiem sprawdzone, które o ile okażą się istotne, należy przedstawić w publikacji podstawowej,
- publikacja informacyjna: przegląd rezultatów badań z danej dziedziny ze szczególnym uwzględnieniem ich znaczenia aplikacyjnego z przeznaczeniem dla decydentów niespecjalistów,
- publikacja popularyzatorska: jw., przy czym o znacznie szerszym kręgu odbiorców.

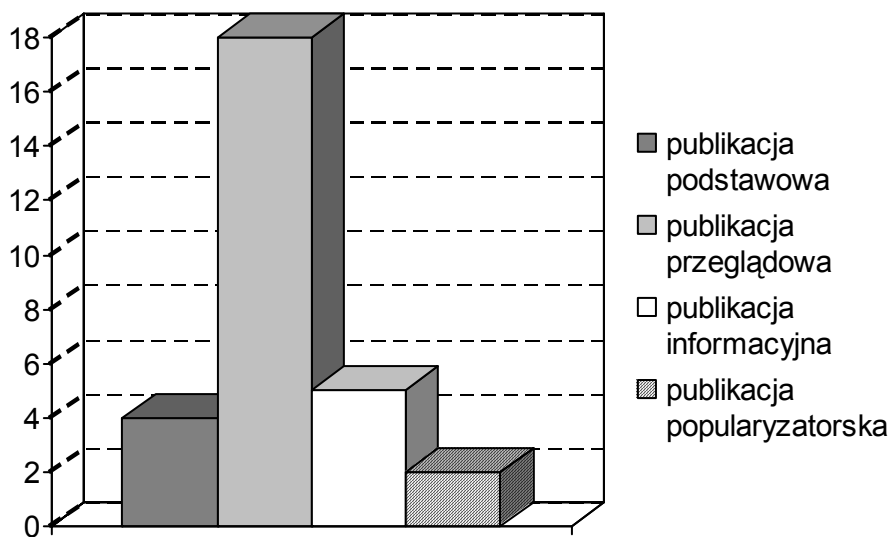
Trzecim i ostatnim elementem recenzji pracy jest jej ocena opisowa, gdzie recenzent uzasadnia wystawione przez siebie noty oraz zawiera ewentualne wnioski i uwagi dotyczące opiniowanego artykułu.

W przypadku oceny punktowej nadesłanych w analizowanym okresie prac, największy odsetek stanowiły artykuły oceniane w zakresie od 30 do 40 punktów, w kilku przypadkach wystąpiła ocena poniżej 10 pkt., co dyskwalifikowało pracę do publikacji i powoduje, że nie podlegają one w ogóle powyższej analizie. Szczegóły w tym zakresie przedstawiono na kolejnym rysunku (Rys. 4). W przypadku klasyfikacji publikacji, recenzenci najwięcej artykułów zakwalifikowali jako publikacje przeglądowe. Kilka publikacji sklasyfikowano jako popularyzatorskie i informacyjne, a 4 z wydanych w analizowanym okresie publikacji uzyskało status podstawowych (Rys. 5).

¹²⁹ „Jak pisać i publikować pracę naukową” (<http://neur.am.put.poznam.pl/mt/Publikacje.pdf>) autorstwa prof. Cz. Cempla, Kierownika Zakładu Wibroakustyki i Bio-Dynamiki Systemów Wydziału Budowy Maszyn Politechniki Poznańskiej, mult. dr h.c., członka korespondenta PAN, członka KBN w trzeciej kadencji, honorowego przewodniczącego Polskiego Towarzystwa Diagnostyki Technicznej.



Rys. 4. Zawarta w recenzjach ocena punktowa poszczególnych publikacji.



Rys. 5. Zawarta w recenzjach klasyfikacja poszczególnych publikacji.

PODSUMOWANIE

Środek ciężkości publikowanych materiałów ustabilizował się w roku 2005 na problemach związanych z medycyną hiperbaryczną (Rys. 2), co wynika po prostu z faktu, że aktywne środowisko medyczne jest znacznie liczniejsze niż przedstawiciele nauk technicznych. A jednak, najprawdopodobniej jest to jedyne w kraju pismo fachowe, gdzie publikuje tak szeroki przekrój autorów reprezentujących medycynę i technikę. Jakość publikowanych materiałów, którą (mierzalnie) można zdefiniować jako wypadkową oceny punktowej i klasyfikacji (Rys. 4 i Rys. 5) nie jest zła. Należy utrzymać ilość publikacji przeglądowych i dążyć do zwiększenia ilości publikacji podstawowych. Cieszy fakt, że pismo nie stało się kwartalnikiem tylko dla naukowców o ugruntowanej pozycji zawodowej, o czym świadczy szeroki przekrój autorów publikowanych materiałów (Rys. 3). Tak samo cieszy fakt, że na łamach pisma publikują również autorzy z zagranicznych ośrodków naukowych (Rys. 1). Tym bardziej, że przez pierwszą połowę roku 2005 problemem było uzyskanie materiałów do publikacji. Co nierozzerwalnie wiązało się z niejasną sytuacją dotyczącą punktacji za publikację w PHR. Wobec powyższego, po uzyskaniu numeru ISSN, redakcja zwróciła się do Departamentu Bazy Badawczej MEiN z prośbą o przyznanie punktacji i wykazanie pisma w oficjalnych dokumentach ministerstwa. W odpowiedzi uzyskano informację, że zgodnie z Komunikatem Nr 2 MEiN z dnia 07.10.2005r., publikacja w PHR czyli w recenzowanym piśmie o zasięgu co najmniej krajowym może być indeksowana na poziomie 3 pkt. (Załącznik Nr1 do Komunikatu Nr 2 MEiN poz. 791). Obecnie trwają starania o uzyskanie większej ilości punktów.

Wyzwaniem, jakie pojawia się przed PHR w roku 2006 jest utrzymanie, co najmniej dotychczasowego poziomu pisma. Aczkolwiek, redakcja ten cel traktuje jako program minimum. Zdajemy sobie sprawę, że czasami wiele do życzenia pozostawia edycyjna strona pisma. Z tego też powodu w nadchodzącym roku, każdy numer zostanie poddany profesjonalnej korekcie. Co jednak wiąże się z wydatkami. W roku 2005 pismo było wydawane i kolportowane z funduszy Towarzystwa i nielicznych sponsorów, z których największym wsparciem dla naszej działalności wykazała się firma Linde Gaz Polska Sp. z o.o. z siedzibą w Krakowie. Na posiedzeniu Rady Naukowej PHR, w grudniu dość długo dyskutowano o kwestii finansowania działalności pisma. W rezultacie Rada zobowiązała redakcję o ubieganie się o dotację z MEiN oraz do wprowadzenia odpłatności za publikację w PHR i otrzymywanie pisma. Stawkę za opublikowanie artykułu ustalono na 25 zł brutto za stronę w formacie przygotowanym do druku. Po korekcie i skrótach autora lub redakcji. W celu nie zamykania łam pisma dla adeptów nauki, którzy mogą nie posiadać środków na wniesienie powyższej opłaty postanowiono, że publikacje tego typu będą nadal sponsorowane przez Towarzystwo, co nie kłóci się z jego Statutem. Ponadto, obecny numer pisma jest ostatnim bezpłatnym jego egzemplarzem. Pismo w roku 2006 będzie wysyłane za zaliczeniem pocztowym, w cenie 15 zł za egzemplarz. Pozyskane w ten sposób środki pozwolą na zatrudnienie profesjonalnego korektora, który będzie dbał o jakość edycyjną pisma. Ponadto w chwili obecnej trwają prace związane z uruchomieniem strony internetowej pisma. Została wykupiona przestrzeń dyskowa na serwerze oraz zarejestrowana odpowiednia domena (www.phr.net.pl). Grafik przygotował oprawę graficzną strony. Koszty tej działalności pokryto z funduszy Towarzystwa. Strona www jest jednym z podstawowych wymagań stawianych czasopismu przez Krajową Bazę Czasopism Naukowo-Technicznych (www.baztech.icm.edu.pl). Redakcja jest w kontakcie

z koordynatorem bazy i po spełnieniu wszystkich wymagań informacja o piśmie oraz streszczenia materiałów w nim publikowanych znajdzie się w powyższej bazie internetowej.

Na koniec redakcja pragnie szczególnie podziękować recenzentom, którzy najczęściej podjęli się opiniowania nadsyłanych do redakcji materiałów, bez pracy niżej wymienionych profesorów aktualny poziom pisma nie był by możliwy do osiągnięcia.

Szczególne podziękowania należą się profesorom (w kolejności alfabetycznej):

Prof. dr hab. inż. Adam Charchalis,
Prof. dr hab. n. med. Kazimierz Dęga,
Dr hab. Janusz Jerzemowski,
Dr hab. inż. Zbigniew Korczewski prof. nadzw. AMW,
Doc. dr hab. n. med. Romuald Olszański.

Publikacja nierecenzowana

Autorzy:

dr inż. Adam Olejnik – Zakład Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni – Zastępca Redaktora Naczelnego PHR,

dr n. med. Piotr Siermontowski – Zakład Medycyny Morskiej i Tropikalnej Wojskowego Instytutu Medycznego – Redaktor Naczelny PHR.

Uchwała Zarządu Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej

z dnia 24 października 2005 roku

Zarząd Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej z siedzibą w Gdyni na zebraniu w dniu 24.10.2005 roku oraz działając w myśl zapisu §6 pkt. 3 Statutu Towarzystwa, uchwalił, co następuje:

1. Na podstawie §5 pkt. 3 Statutu Zarząd Towarzystwa ustanawia następujące rodzaje wyróżnień :
 - za osiągnięcia w dziedzinie medycyny i techniki hiperbarycznej,
 - za zasługi dla celów realizowanych przez Towarzystwo oraz za wspieranie działalności Towarzystwa.
2. Ponadto, na podstawie §6 pkt. 3, 7 i 9 Statutu Zarząd ustanawia wyróżnienie specjalne w postaci **Aktu Rekomendacji**. Wyróżnienie to jest przyznawane za szczególne osiągnięcia technologiczne, techniczne, organizacyjne i przemysłowe dotyczące medycyny i techniki hiperbarycznej.
3. Zarząd postanawia przyjąć następujące zasady przyznawania wymienionych w pkt. 1 i 2 wyróżnień.

3.1 Wyróżnienie za osiągnięcia w dziedzinie medycyny i techniki hiperbarycznej:

- a.) Wyróżnienie jest wręczane raz w roku w czasie corocznej Konferencji Towarzystwa.
- b.) Na podstawie §5 pkt. 3 oraz §17 pkt. 4. Statutu wyróżnienie nadaje Zarząd Towarzystwa na wniosek co najmniej dwóch Członków Zwyczajnych Towarzystwa.
- c.) Wniosek o nadanie wyróżnienia w formie pisemnej powinien wpłynąć do Zarządu Towarzystwa nie później niż do dnia 15 listopada danego roku kalendarzowego.
- d.) Wniosek powinien zawierać dane osoby przewidzianej do wyróżnienia oraz uzasadnienie.
- f.) Wyróżnienie otrzymuje autor lub zespół autorski wymieniony we wniosku.

g.) Zarząd jest zobowiązany rozpatrzyć wniosek i poinformować osobę wymienioną we wniosku, o fakcie nominowania do wyróżnienia.

h.) Decyzję o przyznaniu wyróżnienia podejmuje się na Walnym Zgromadzeniu Członków Towarzystwa w głosowaniu tajnym – zwykłą większością głosów.

3.2. Wyróżnienie za zasługi dla celów realizowanych przez Towarzystwo oraz za wspieranie działalności Towarzystwa:

a.) Wyróżnienie jest wręczane raz w roku w czasie corocznej Konferencji Towarzystwa.

b.) Na podstawie §5 pkt. 3 oraz §17 pkt. 4. Statutu wyróżnienie nadaje Zarząd Towarzystwa na wniosek co najmniej dwóch Członków Zwyczajnych Towarzystwa.

c.) Do wyróżnienia zgłaszane mogą być osoby fizyczne, osoby prawne lub instytucje zasłużone dla celów realizowanych przez Towarzystwo lub dla samego Towarzystwa.

d.) Wniosek o nadanie wyróżnienia w formie pisemnej powinien wpłynąć do Zarządu Towarzystwa nie później niż do dnia 15 listopada danego roku kalendarzowego.

e.) Wniosek powinien zawierać dane osoby fizycznej, osoby prawnej lub instytucji przewidzianej do wyróżnienia oraz uzasadnienie.

f.) Wyróżnienie otrzymuje osoba fizyczna, osoba prawna lub instytucja, przy czym w toku działania Towarzystwa, ta sama osoba fizyczna, prawna lub instytucja może otrzymać wyróżnienie wielokrotnie.

g.) Zarząd jest zobowiązany rozpatrzyć wniosek i poinformować osobę prawną, osobę fizyczną lub instytucję wymienioną we wniosku, o fakcie nominowania do wyróżnienia.

h.) Decyzję o przyznaniu wyróżnienia podejmuje się na Walnym Zgromadzeniu Członków Towarzystwa w głosowaniu tajnym – zwykłą większością głosów.

3.3. Wyróżnienie specjalne w postaci Aktu Rekomendacji, zasady przyznawania i konsekwencje otrzymania wyróżnienia:

a.) Rekomendacja jest wręczana raz w roku w czasie corocznej Konferencji Towarzystwa.

b.) Na podstawie §5 pkt. 3 Statutu rekomendację nadaje Zarząd Towarzystwa na wniosek osoby prawnej lub instytucji.

c.) Do rekomendacji zgłaszane mogą być osoby prawne lub instytucje posiadające udokumentowane osiągnięcia technologiczne, techniczne, organizacyjne lub przemysłowe dotyczące medycyny i techniki hiperbarycznej.

d.) Wniosek o nadanie rekomendacji powinien wpłynąć do Zarządu Towarzystwa w formie pisemnej nie później niż do dnia 15 października danego roku kalendarzowego.

e.) Wniosek powinien zawierać:

- nazwę i adres osoby prawnej lub instytucji zgłaszanej do rekomendacji,
- nazwę produktu/rozwiązania zgłaszanego do rekomendacji,
- dokumenty potwierdzające wysoką jakość produktu/rozwiązania zgłaszanego do rekomendacji.

f.) Decyzję o przyznaniu rekomendacji podejmuje Zarząd Towarzystwa na podstawie opinii specjalnie powołanego do tego celu Zespołu Specjalistów.

g.) Zespół Specjalistów powołuje Prezes Towarzystwa w porozumieniu z co najmniej jednym członkiem Zarządu.

h.) Zespół Specjalistów powinien składać się, z co najmniej dwóch pracowników naukowych, będących Członkami Zwyczajnymi Towarzystwa, zajmujących się zawodowo dziedziną, w której zgłaszany jest produkt/rozwiązanie do rekomendacji.

i.) Złożenie wniosku o przyznanie rekomendacji jest jednoznaczne z wyrażeniem zgody przez wnioskującego na udzielenie Zespołowi Specjalistów wszelkich dodatkowych informacji dotyczących zgłaszanego produktu/rozwiązania, które nie zostały ujęte we wniosku.

j.) Zespół Specjalistów jest zobowiązany w ciągu miesiąca od dnia powołania przedstawić Zarządowi Towarzystwa wiążącą i miarodajną opinię na temat zgłoszonego produktu/rozwiązania.

k.) Za wydanie wyróżnienia Towarzystwo pobiera opłatę w kwocie wynegocjowanej z wnioskującym, powyższa kwota jest opłatą za dwuletnie użytkowanie logo Towarzystwa przez wnioskującego oraz pokrywa koszty pracy Zespołu Specjalistów i inne koszty związane z przyznaniem rekomendacji.

l.) Przyznanie rekomendacji upoważnienia wnioskującego do wykorzystania logo Towarzystwa przez okres 2 (dwóch) lat od dnia przyznania rekomendacji, w celach promocyjnych i marketingowych do promowania produktu/rozwiązania jako produktu/rozwiązania rekomendowanego przez Towarzystwo w kraju i poza jego granicami.

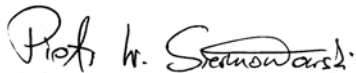
m.) Towarzystwo zobowiązuje się ze swej strony przez okres 2 (dwóch) lat, do propagowania rekomendowanego produktu/rozwiązania wśród swoich Członków oraz na stronie internetowej Towarzystwa i innych formach dostępnych Towarzystwu w ramach działalności statutowej.

P R E Z E S
Polskiego Towarzystwa Medycyny
i Techniki Hiperbarycznej

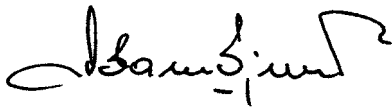


dr inż. Ryszard KŁOS

Podpisy Członków Zarządu
PTMiTH



dr n. med. Piotr Siermontowski



dr inż. Adam Olejnik

Gdynia dnia 24 października 2005 roku

WARUNKI PRENUMERATY

POLISH HYPERBARIC RESEARCH

Kwartalnik wydawany od 2004 roku

Cena rocznej prenumeraty w roku 2005 wynosi dla:

- Instytucji – 80 PLN (za 4 numery) lub 110 PLN (4 numery + suplementy)
- Odbiorców indywidualnych - 20 PLN (za 4 numery) lub 35 PLN (4 numery + suplementy)

WZÓR ZAMÓWIENIA

Rok:

Suplementy: TAK NIE

Ilość egzemplarzy:

Instytucja zamawiająca:

- nazwa
- adres
- NIP
- Telefon kontaktowy:
- E-mail:

Zamówienie należy przesłać na adres Redakcji wraz z kopią dowodu wpłaty na konto PTMiTH w Banku Przemysłowo-Handlowym

Nr konta: 81 1060 0076 0000 3300 0042 5416

SUBSCRIPTION INFORMATION

POLISH HYPERBARIC RESEARCH

Is published since 2004

Subscription rates in 2005 are:

- Institutions – 80 PLN (for 4 issues) or 110 PLN (4 issues + supplements)
- Individuals - 20 PLN (for 4 issues) or 35 PLN (4 issues + supplements)

ORDER FORM

Year:

Supplements: YES NO

Number of issues:

Institution:

- name
- address
- VAT number
- Phone:
- E-mail:

Please send the order to Editorial Board

Please send payments to the account of PTMiTH in Bank BPH

Number 81 1060 0076 0000 3300 0042 5416

DLA CZŁONKÓW

POLSKIEGO TOWARZYSTWA MEDYCYNY I TECHNIKI HIPERBARYCZNEJ

W ROKU 2005 CZASOPISMO JEST BEZPŁATNE

Informacje dla autorów

Artykuły do publikacji w **Polish Hyperbaric Research** należy przysłać na adres podany w stopce redakcyjnej. Preferowana jest droga elektroniczna; W przypadku niemożności przesłania drogą elektroniczną, na podany powyżej adres należy przesłać jeden egzemplarz wydrukowanej pracy z rysunkami i tabelami, a także dyskietkę lub płytę CD zawierającą te materiały.

Do druku przyjmujemy prace w języku polskim lub angielskim, w zależności od życzenia autorów.

Członkostwo w PTMiTH nie jest warunkiem wstępnym publikacji w czasopiśmie. Prace są przyjmowane do druku pod warunkiem, że wiążą się z tematyką pisma. Akceptacja pracy jest oparta na oryginalności i jakości oraz przejrzystości prezentacji. Wszystkie prace będą oceniane pod względem znaczenia (wagi), wydźwięku (poczytności) oraz spełnienia warunków pisma przez dwóch lub więcej członków naukowego zespołu redakcji lub zaproszonych recenzentów. Autorzy mogą sami zaproponować recenzentów. Redaktor Naczelny może przyjąć te sugestie, jednak nie jest do tego zobligowany. Wszystkie przyjęte prace mogą być poddane ostatecznej obróbce przez redakcję dla zwiększenia ich czytelności i oszczędności miejsca. Nadesłanie artykułu do redakcji jest równoznaczne ze zgodą na tę obróbkę.

Po dokonaniu ewentualnych poprawek zgodnych z sugestiami recenzentów i akceptacji publikacji, autorzy są proszeni o przesłanie ostatecznej wersji na dyskietce lub drogą elektroniczną.

Typy artykułów:

- **Doniesienia naukowe (badawcze):** wyniki badań eksperymentalnych, teoretycznych i klinicznych w tematach istotnych dla nauk związanych z medycyną i techniką podwodną, oraz hiperbaryczną. Opublikowane mogą być zarówno doniesienia wstępne z poszczególnych części badań jak i całościowe ich opracowanie. (maksymalnie 20 stron)

- **Prace pogładowe:** mogą zawierać naukowe i praktyczne omówienie tematów bądź przedstawiać opinie autorów na dany temat. (maksymalnie 16 stron)

- **Aktualności:** przemyślane rozważanie na tematy interesujące czytelników. Mogą być z założenia kontrowersyjne. (maksymalnie 10 stron)

- **Opisy techniczne:** opisy nowych metod bądź sprzętu. Muszą zawierać odnośniki potwierdzające omawianą zawartość. (maksymalnie 10 stron)

- **Materiały zjazdowe:** krótkie opisy zawierające istotę doniesień. (maksymalnie 2 strony)

- **Listy do redakcji:** dyskusja na temat artykułów publikowanych w piśmie lub o nowościach naukowych interesujących dla czytelników. Powinny zawierać tytuł informujący o treści oraz być maksymalnie krótkie. Jeżeli to konieczne, mogą zawierać piśmiennictwo, ale rysunki i tabele są niewskazane. (maksymalnie 2 strony)

Przygotowanie edycyjne pracy

Podstawowe zasady to: prawidłowy skład (kompozycja), jednoznaczność, przejrzystość i zwięzłość. Lepiej używać strony czynnej niż biernej. Rysunki powinny być nieskomplikowane i czytelne. Skrót i akronimy nie powinny być nadużywane, należy je wyjaśnić przy pierwszym użyciu w tekście bądź abstrakcie, unikać używania skrótów w tytule. Specyficzne informacje powinny pojawiać się w tekście tylko raz, danych zawartych w rycinach, tabelach i zestawieniach nie należy powielać w tekście, nie umieszczać w innych tabelach itp.

Artykuły w formacie WORD ver. 6.0, lub wyższe. Tekst i grafika powinny być sformatowane do użycia w WORD (rysunki w formacie .jpg lub .cdr). Rysunki jedynie biało – czarne. Fotografie w jak najmniejszej liczbie (preferowane są

rysunki) w formacie .jpg. Pliki zawierające rysunki i fotografie powinny otwierać się ukazując rycinę w odpowiedniej do umieszczenia w tekście wielkości. Autorzy powinni umieszczać w tekście znaczniki miejsca, w którym powinna być umieszczona ilustracja lub wykres, natomiast tabele powinny znajdować się w ciągu tekstu.

Tytuł artykułu wraz ze spacjami nie może być dłuższy niż 85 znaków. Tytuł powinien mieć charakter informacyjny. Jeżeli doniesienie jest elementem większych badań publikowanych częściami, należy to zaznaczyć.

Tekst pracy, z wyjątkiem sytuacji, w których jest to niemożliwe, powinien być podzielony na wstęp, metodykę, wyniki i dyskusję. Tytuły podrozdziałów wyrównane do lewej, napisane kapitalikami. Dłuższe partie tekstu powinny być podzielone na podrozdziały, ale nie należy tego nadużywać. Obecność streszczenia eliminuje konieczność umieszczania w tekście podsumowań. Zastosowane metody statystyczne należy opisać w rozdziale Metody. Sposób przedstawienia metod statystycznych można znaleźć w: Adv Intern Med. 1988; 108: 268-273.

Tabele powinny być ograniczone do niezbędnego dla przedstawienia tematu pracy minimum. Należy je ponumerować kolejno cyframi arabskimi i dodać krótki tytuł. Wyjaśnienia skrótów muszą znaleźć się w podpisie tabeli.

Przypisów w miarę możliwości nie należy stosować.

Ilustracje należy ponumerować cyframi arabskimi w kolejności występowania w tekście. Każda ilustracja powinna być zaopatrzona w krótki tytuł i podpis do 40 słów pisanym czcionką pomniejszoną, kursywą. Linie wykresów i rysunków powinny być kontrastowe, czarno-białe i nie nakładać się na siebie. Przedstawiane na rysunkach i fotografiach zwierzęta mogą być widoczne jedynie w postaci zarysów. Litery użyte w opisie wewnątrz rysunków muszą być

proporcjonalne do rozmiarów ilustracji po umieszczeniu jej w tekście. Znaczniki skali znajdować się muszą we wszystkich mikro fotografiach, ich wielkości opisać należy w podpisie rysunku.

Jednostki miar w artykułach muszą być podawane w układzie SI. Jeżeli temat artykułu wymaga użycia jednostek innego systemu, muszą być podawane przy nich w tekście przeliczenia na układ SI. Jednostki miar z innych układów nie mogą być używane w określeniu ciśnień cząskowych i przy precyzyjnych ocenach ciśnień. Metody przedstawiania innych jednostek znaleźć można w Br Med. J. 1978; 1: 1334-1336 i Aviat Space Environ Med. 1984; 55: 93 - 100

Podziękowania osobom, które wspomagały powstanie artykułu należy zawrzeć na jego końcu, przed piśmiennictwem.

Piśmiennictwo. Autorzy są odpowiedzialni za zgodność danych piśmienniczych z oryginalnymi dokumentami cytowanymi. Kolejność piśmiennictwa w kolejności alfabetycznej, lub cytowania w tekście artykułu, obowiązuje oznaczenie cyframi arabskimi w nawiasach okrągłych. Piśmiennictwo cytowane jedynie w tabelach lub ich opisach (opisach rysunków, wykresów) powinno być numerowane zgodnie z kolejnością występowania obiektu w tekście. Nazwiska w liczbie do sześciu, jeżeli liczba autorów cytowanej pracy jest większa, wtedy podawać należy trzech pierwszych, dalej skrót "i wsp." Pozycje piśmiennictwa podawać w formie przyjętej w Index Medicus

Thorsen E, Risberg J, Segadal K, Hoppe A. Effects of venous gas microemboli on pulmonary gas transfer function. Undersea Hyperbaric Med. 1995; 22:347-353

Hempleman HV. History of decompression procedures. w Bennett PB, Elliott EH, i wsp. *The physiology and medicine of diving*. London: WB Saunders, 1993: 324-375

Olszański R, Skrzyński S, Kłos R. Problemy medycyny i techniki nurkowej. Gdańsk: Okrętownictwo i żegluga, 1997

Prace oczekujące na wydanie mogą być cytowane z dopiskiem „w druku” w miejscu podającym strony. Nie mogą być cytowane prace typu: „niepublikowane obserwacje”, „prace w przygotowaniu” itd.

Osobno powinny być dołączone służbowe adresy, telefony, numery faxów i

The Polish Hyperbaric Researchis *The PHR* accepts manuscripts for publication from any discipline that addresses hyperbaric. Membership in the PTMiTH is not a prerequisite for publication in the journal.

MANUSCRIPT SUBMISSION

The preferred method is electronic submission – as attachment to electronic mail or on disc (diskette or CD) sent by standard mail with one paper copy. Both addresses (electronic and postal) are shown on the second page of *The PHR*.

CATEGORIES OF MANUSCRIPTS

Research Report: results of experimental, theoretical, and clinical investigations on topics important for sciences connected with hyperbaric and undersea medicine and technology. Short reports that make a substantial scientific contribution as well as extensive studies will be considered (max. 20 pages).

Review Article: may cover scientific and practical subjects and may express the personal opinion of the author (max. 16 pages).

Current Issue: well – reasoned essays on topics interesting for journal’s readers; may be controversial in nature (max. 10 pages).

Technical Communication: description of new methods or equipment; must include data to support its contents (max. 10 pages).

Proceeding of Symposium or Workshop: short communication that are similar to the review (max. 2 pages).

Letter to the Editor: discussion of papers that have appeared in the journal or

adresy e-mail autorów, a także oświadczenia wszystkich autorów, że zapoznali się z treścią pracy i jest ona ich wspólnym dziełem, oraz, że nie była dotychczas publikowana w innym czasopiśmie (nie dotyczy abstraktów i proceedingów zjazdowych).

PHR przestrzega porozumienia zawartego przez międzynarodowy Komitet Wydawców Pism Medycznych. Jednolite wymagania dla prac składanych do czasopism biomedycznych: AnnInternMed. 1988;108; 258-265 & BrMJ 1988; 296: 401-405.

scientific issues interesting for the journal’s readers; should include an informative title and be as short as possible. References may be used if necessary, but tables and figures are discouraged (max. 2 pages).

GENERAL REQUIREMENTS

All manuscripts must meet the following basic requirements to be eligible for publishing by the *PHR*:

- written in Polish or English
- a cover letter included
- Manuscripts written in accordance with the Uniform Requirements for Manuscript Submitted to Biomedical Journals

EDITORIAL POLICIES

The manuscripts are accepted basing on originality and quality of the work as well as on the clarity of presentation. All manuscripts are evaluated for significance, soundness and compliance with requirements of the journal by two or more members of the Editorial Board or guest referees. Authors are welcome to recommend referees but Editor-in-Chief is not obliged to follow such recommendations.

All initially accepted manuscripts are subject to final edition by the Editorial Office to improve readability and to converse space. Submitting the work is tantamount to its improvement.

When corrections are made according to referees’ suggestions authors are asked to submit the final version of the paper electronically or on disk or CD.

PREPARATION OF MANUSCRIPTS

All manuscripts submitted to the *PHR* should be written in WORD format ver. 6.0 or upper. All measurements in the

manuscript should be presented in SI units. If the subject of article requires other system units, their SI equivalents must be given too. Other system units must not be used to express partial pressure or precise evaluation of pressure. The methods for the expression of other units may be found in: *Br Med J* 1978; 1: 1334 – 1336 and *Aviat Space Environ Med* 1984; 55: 93 – 100.

Main requirements:

- Correct, unambiguous, clear and concise composition;
- Preferred active voice to passive voice;
- Figures should be legible and not complicated;
- Abbreviations and acronyms should not be overused, should be defined at their first appearance in the abstract or in the text, should be avoided in the title;
- Specific information should appear in text only once;
- Data presented in tables and figures should not be repeated in the text or other tables;
- If possible do not use footnotes to material in the text.
- Preferred graphics (in JPG format) to photographs;
- The files with graphics or pictures (in JPG or CDR format) must be open and shown in size ready to use in text.
- The authors should mark places in the text destined for graphics, but tables should be already put into the appropriate places

The manuscript should be arranged as follows:

Title Page (separate page)

- Title of the manuscript no more than 85 characters including spaces. Authors should include all information in the title that will make electronic retrieval of the article both sensitive and specific. If the manuscript is a part of a research published in parts it has to be shown.

Text

- Unless it is not possible the text should be divided into 4 sections: Introduction, Methods, Results and Discussion.
- Titles of subchapters adjusted to left, in capitals.
- Longer parts of text should be divided into subheadings but these should not be overused.
- The abstract eliminates the need for a summary and conclusions.
- Statistical methods should be described in Methods. Information about presentation of statistical material can be found in: *Adv Intern Med* 1988; 108: 268 – 273.

Tables

- Each table must be self-contained and provide standalone information independent of the text.
- Number of tables should be limited to necessary minimum needed to make the point of the paper.
- Tables should be numbered in Arabic numerals and bear a short title.
- Abbreviations used in each table must be spelled out below the table

Figures

- Illustrations should be numbered in Arabic numerals in sequence as they appear in the text.
- Every illustration should have short title and footnotes of no more than 40 words.
- Lines of diagrams and drawings should be sharp, in black and white and they cannot overlap each other.
- Animals can be outlined only.
- Letters used in pictures must be well-proportioned to the size of illustration, while their size has to fit the journal page.
- An internal scale marker should be drawn on all micrographs, and the length should be specified in legend.

Acknowledgments

Acknowledgements to person who aided in the work should appear at the end of the text before the references.

References

- Authors are responsible for verifying references against the original documents.
 - References should be numbered consecutively in the order in which they first appear in the text.
 - References cited only in tables or legends (footnotes of diagrams and drawings) should be numbered in accordance with a sequence corresponding to appearance of the table or figure in the text.
 - When there are only 6 authors in the reference then all last names should be listed. When a reference has 7 or more authors, list the first 3 authors, followed by "et al".
 - Citations in the reference list are to be in the form used by Index Medicus e.g: (przykłady wstawić jak są)
 - Manuscripts accepted for publishing can be cited with remark "*in the press*" instead of pages.
- The texts marked as "*unpublished observations*" and "*manuscript in preparation*" cannot be cited.

When submitting a new or revised manuscript please make sure to include the following:

- If manuscript is submitted by mail
 - 1 complete hard copy of the manuscript, 1 electronic copy of the manuscript on a diskette or CD
- A cover letter identifying the phone, fax, postal and e-mail address of the corresponding author.
- Statements signed by all authors that each of them have read and approved the manuscript and that the material in the paper has not been published anywhere else (except for an abstract or proceeding).

PHR participates in the agreement established by the International Committee of Medical Journal Editors. Uniform Requirements for Manuscript Submitted to Biomedical Journals: *Ann Intern Med* 1988; 108: 258 – 265 and *Br Med J* 1988; 296: 401 - 405

Imię i nazwisko autora(ów) (TNR 11 pcs. kursywa)
(2 puste wiersze TNR 14 pcs. odstępy pojedyncze)

TYTUŁ REFERATU

(cz. Renfrew 14 psc. kapitaliki, odstęp między znakami 1,5 pkt., pogrubione)
(2 puste wiersze TNR 12 pcs. odstępy pojedyncze)

Streszczenie referatu w języku polskim max. 100 znaków (akapit 1,25 cm; TNR 11 pcs., kursywa, odstępy pojedyncze)

(pusty wiersz TNR 12 pcs. odstępy pojedyncze)

Słowa kluczowe w języku polskim (Arial 11 pcs., wyrównany do lewej, odstęp pojedynczy)

(pusty wiersz TNR 12 pcs. odstępy pojedyncze)

Streszczenie referatu w języku angielskim max. 100 znaków (akapit 1,25 cm; TNR 11 pcs., kursywa, odstępy pojedyncze)

(pusty wiersz TNR 12 pcs. odstępy pojedyncze)

Słowa kluczowe w języku angielskim (Arial 11 pcs., wyrównany do lewej, odstęp pojedynczy)
(4 puste wiersze TNR 12 pcs., odstępy pojedyncze)

TYTUŁ ROZDZIAŁU (akapit 1,25 cm, TNR 12 pcs., pogrubiony)

Tekst referatu

(akapity 1,25 cm, Arial 11 pcs., wyjustowany, odstęp pojedynczy)

wzór

nr

wzoru:

gdzie: symbol – opis, jednostka (arial 10 pcs., wyjustowany)

rysunek wyśrodkowany, czarno-biały

rys. 1. podpis pod rysunkiem (arial 10 pcs., odstęp pojedynczy, wyjustowany lub wyśrodkowany)

Tabela 1.

Opis tabeli (arial 10 pcs. wyśrodkowany)

WYKAZ LITERATURY (jak tytuł rozdziału)

1. Autor: „Tytuł”, str. od ... do ..., wydawnictwo, miasto, rok wydania
(arial 11 pcs., odstępy pojedyncze)

(6 pustych wierszy; arial 11 pcs., odstępy pojedyncze)

Recenzent: tytuł naukowy imię i nazwisko (arial 11 pcs.)
(3 puste wiersze arial 11 pcs., odstępy pojedyncze)

Autor(rzy):

Tytuł naukowy imię i nazwisko
nazwa instytucji,
dane adresowe,
telefon, e-mail (arial 11 pcs.,)