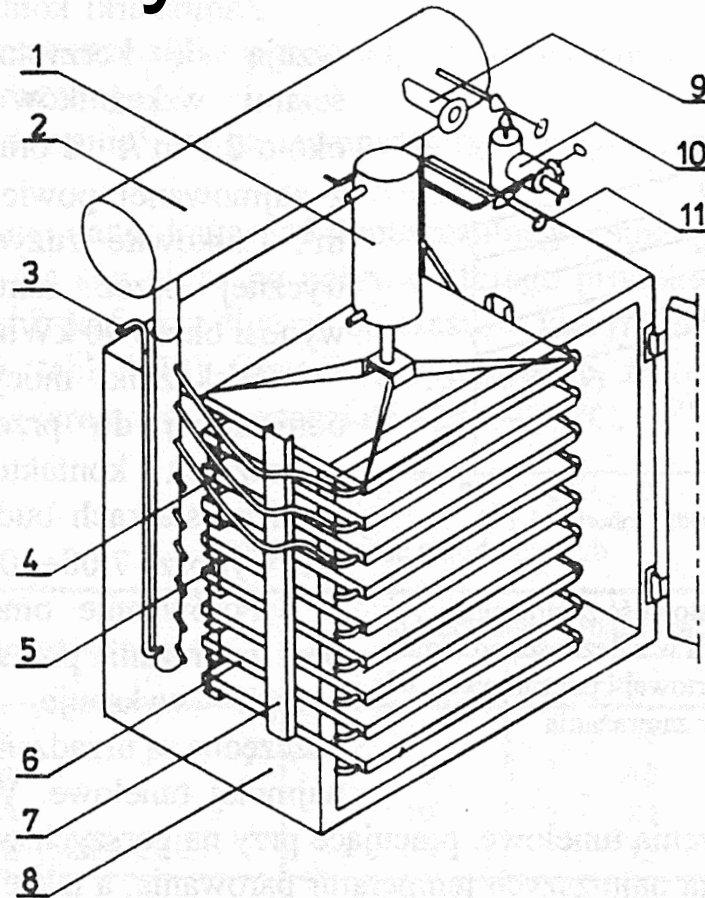


Urządzenia chłodnicze na statkach rybackich

Zamrażanie kontaktowe



Rys. 1.78. Schemat zamrażarki płytowej poziomej; 1 – cylinder hydrauliczny, 2 – oddzielnik płynnego czynnika, 3 – odmrażanie gorącym czynnikiem, 4 – elastyczne przewody, 5 – rygle, 6 – płyta zamrażalnicza, 7 – przewodnica, 8 – izolowana obudowa, 9 – wylot ssania, 10 – zawór, 11 – wlot ciepłego czynnika

Przewóz skroplonego gazu ziemnego

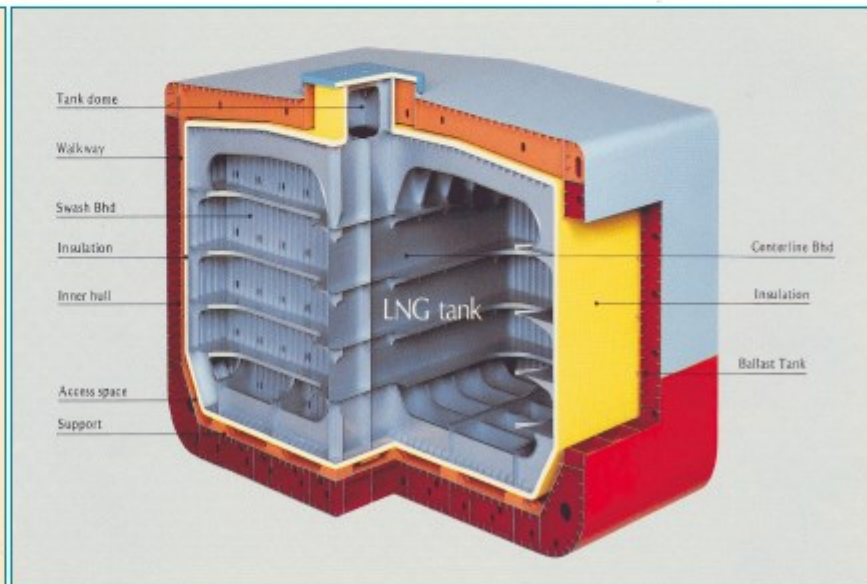
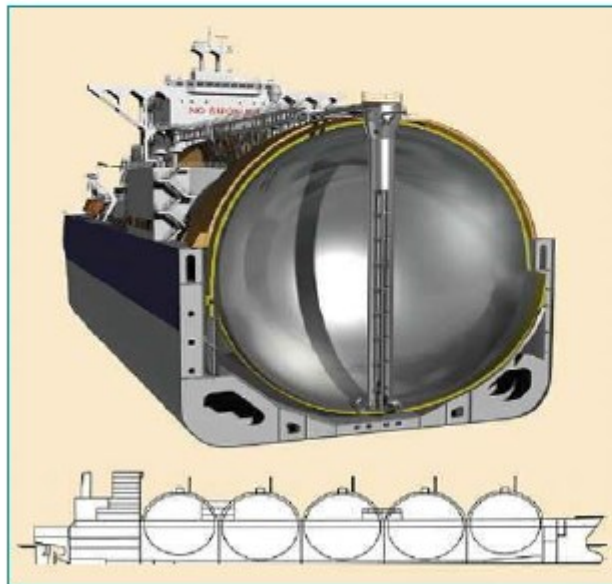
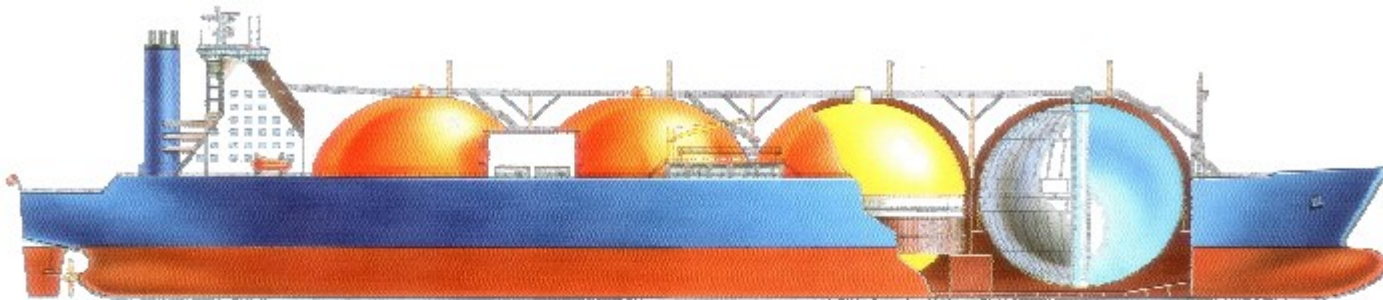
Gazowce LNG zalicza się do statków o najwyższym stopniu komplikacji konstrukcji i eksploatacji, z wysoko wyspecjalizowanymi zbiornikami i wyposażeniem. Ładunek przewożony jest w temperaturach poniżej -160°C . Jedną z typowych cech eksploatacyjnych gazowców jest zjawisko odparowania ładunku gazu - nawet kilka procent w czasie jednego rejsu (*BOR* – *Boil-Off-Rate* – odparowanie dzienne, szacuje się je od ok. 0,1 do 0,2 % objętości). Odparowany ładunek może być wydalany do atmosfery, ponownie skraplany lub może być wykorzystywany na statku jako paliwo do napędu głównej jednostki zasilając silniki spalinowe, turbiny gazowe lub kotły wytwarzające parę dla turbin parowych.

LNG - Liquefied Natural Gas, – -162°C temperatura wrzenia metanu, głównego składnika gazu ziemnego. Podczas skraplania jego objętość redukuje się 630 razy.



Zbiorniki ładunkowe, kriogeniczne

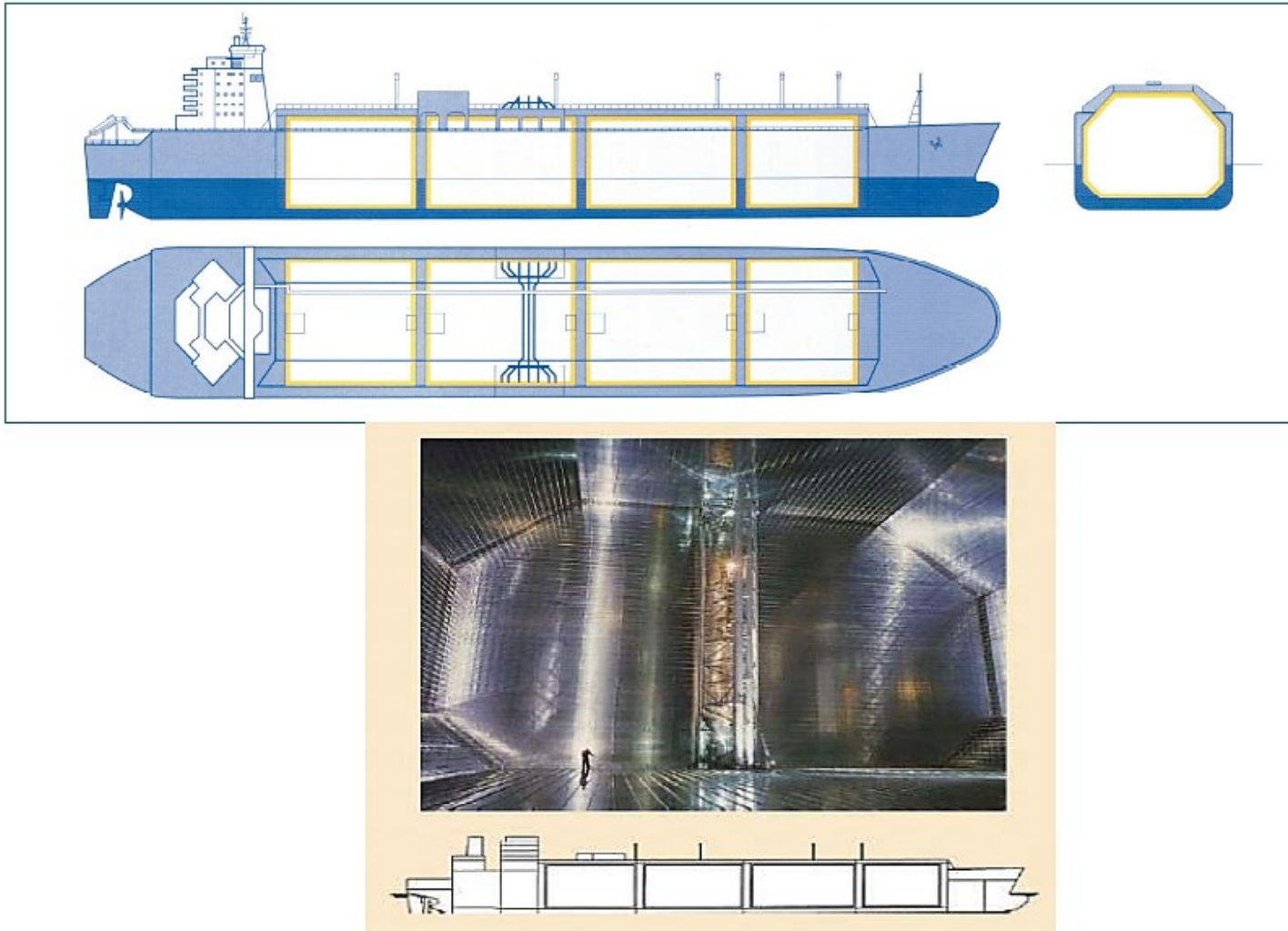
✦ zbiorniki samonośne – kuliste lub pryzmatyczne



Rys.12 Zbiorniki LNG – kuliste Moss-Rozenberg i pryzmatyczne IHI [T.Jastrzębski]

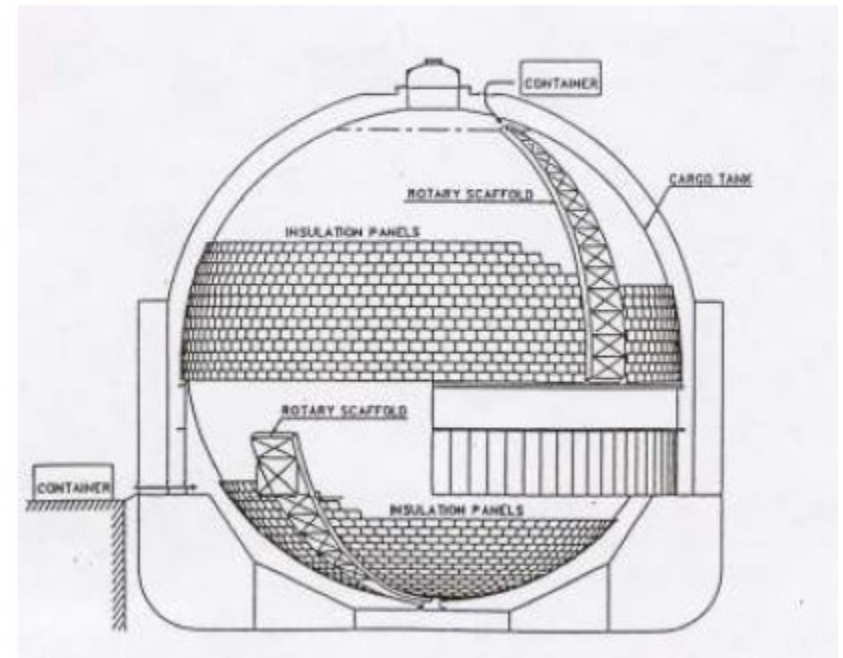
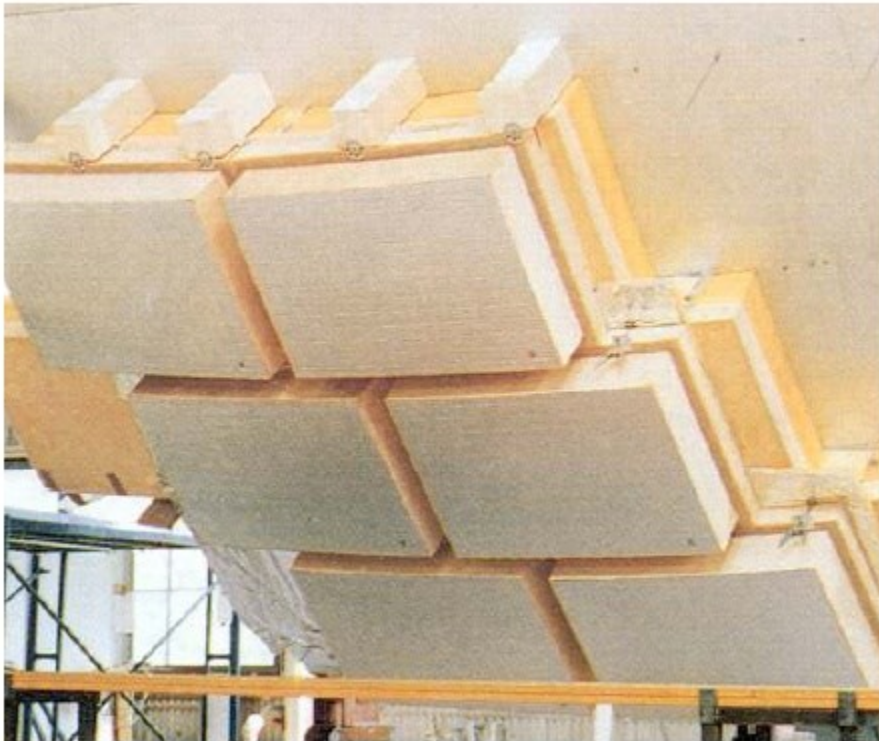
Zbiorniki ładunkowe

✦ zbiorniki wbudowane – membranowe: gładkie lub z wytłoczeniami



Rys.13 Zbiorniki LNG membranowe Technigaz [T.Jastrzębski]

Izolacja termiczna





POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA


KATEDRA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH



dr inż. Paweł Szymański

OKRĘTOWE SYSTEMY CUMOWNICZO-KOTWICZNE

Zagadnienia

- Wprowadzenie – manewry cumowania i kotwiczenia, przeznaczenie systemu, obciążenia urządzeń.
 - Urządzenia kotwiczne
 - Wyposażenie cumownicze
- 
- wymagania klasyfikacyjne
 - elementy systemu
 - przykłady rozwiązań

Kotwiczenie

Kotwiczenie - zatrzymanie statku w miejscu z wykorzystaniem kotwicy (kotwic), podczas gdy znajduje się on z dala od nabrzeża portowego, w czasie oczekiwania na redzie, w wypadku awarii itp.

Kotwiczowisko - wyznaczony na redzie lub w porcie obszar, gdzie można rzucać kotwicę. Zwykle są to płytkie miejsca osłonięte od wiatru i dużej fali.

Sposoby i warunki ustawiania statków na kotwicy

Sposób kotwiczenia uzależniony jest od:

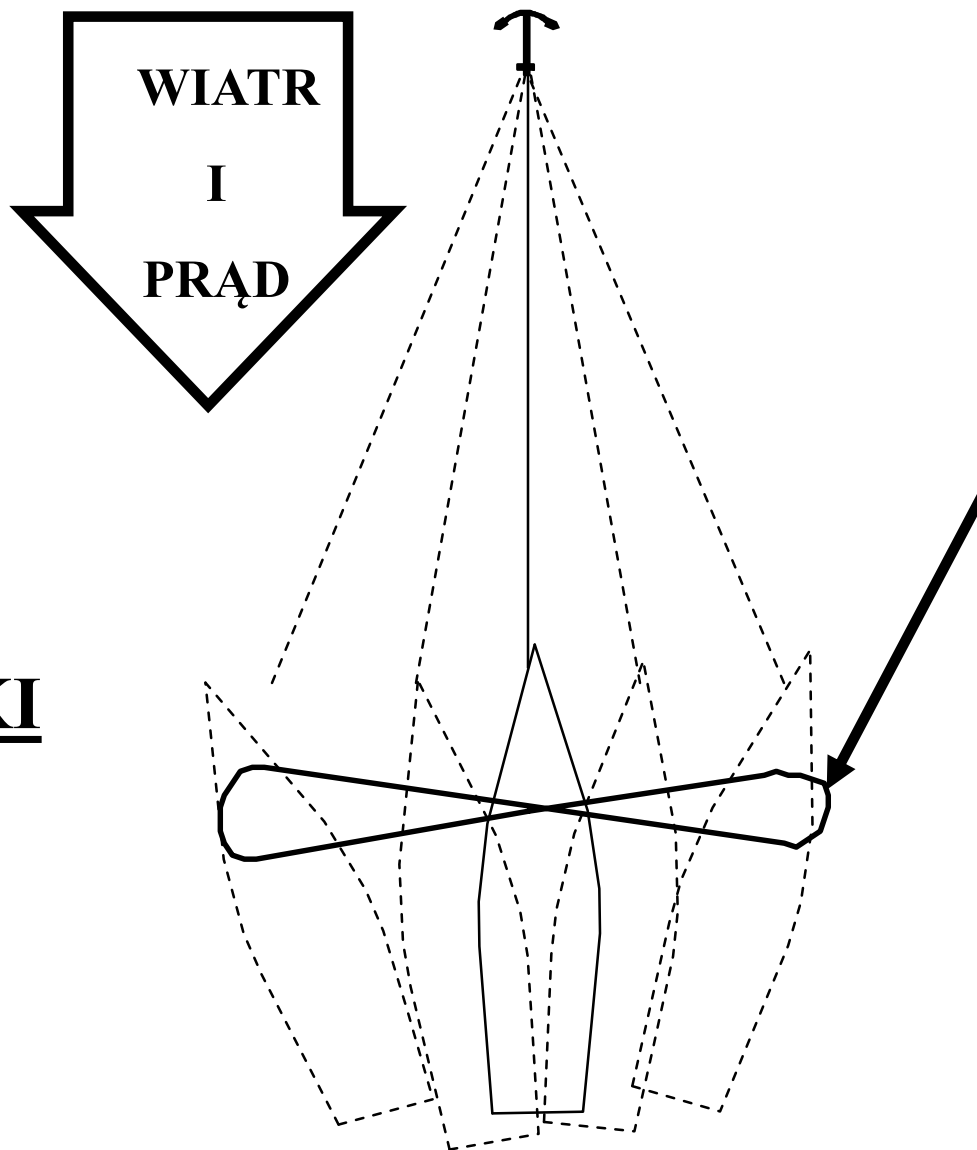
- **głębokości,**
- **rodzaju gruntu,**
- **kierunku i siły wiatru,**
- **kierunku i siły prądu.**

Zasadniczy sposób polega na rzuceniu kotwicy do przodu i wydaniu odpowiedniej długości łańcucha.

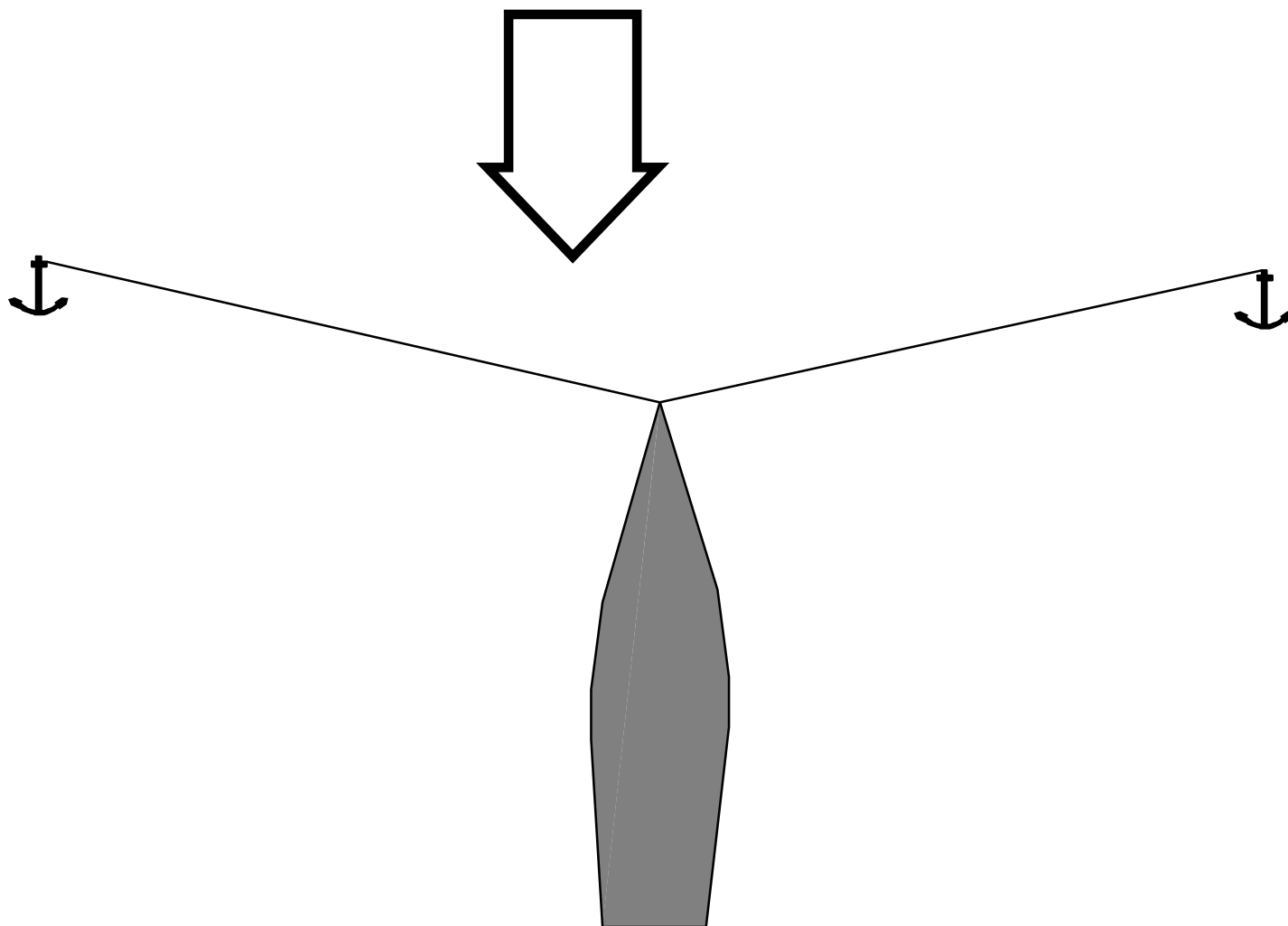
Przy silnym wietrze mogą być rzucone **obie kotwice** tak, że ich łańcuchy położone są pod kątem **zbliżonym do 180°**.

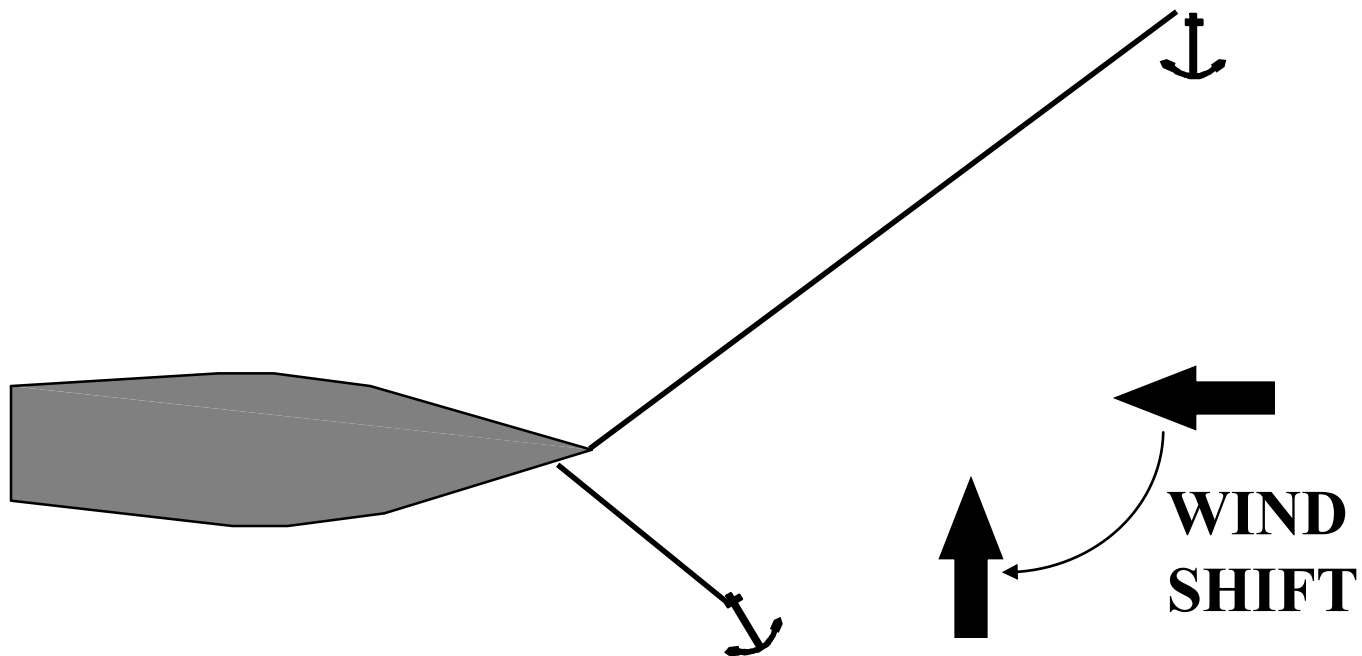
W niektórych sytuacjach mogą być używane kotwice **dziobowe i rufowe tzw. prądowe**.

ZŁE
WARUNKI

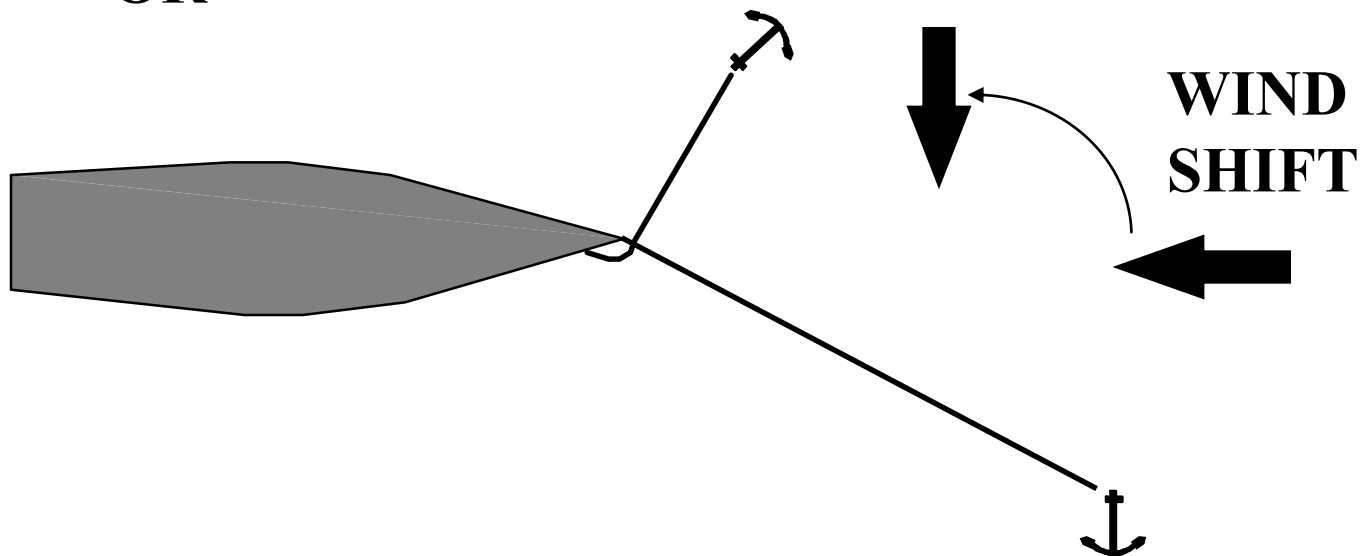


Kotwiczenie za pomocą dwóch kotwic





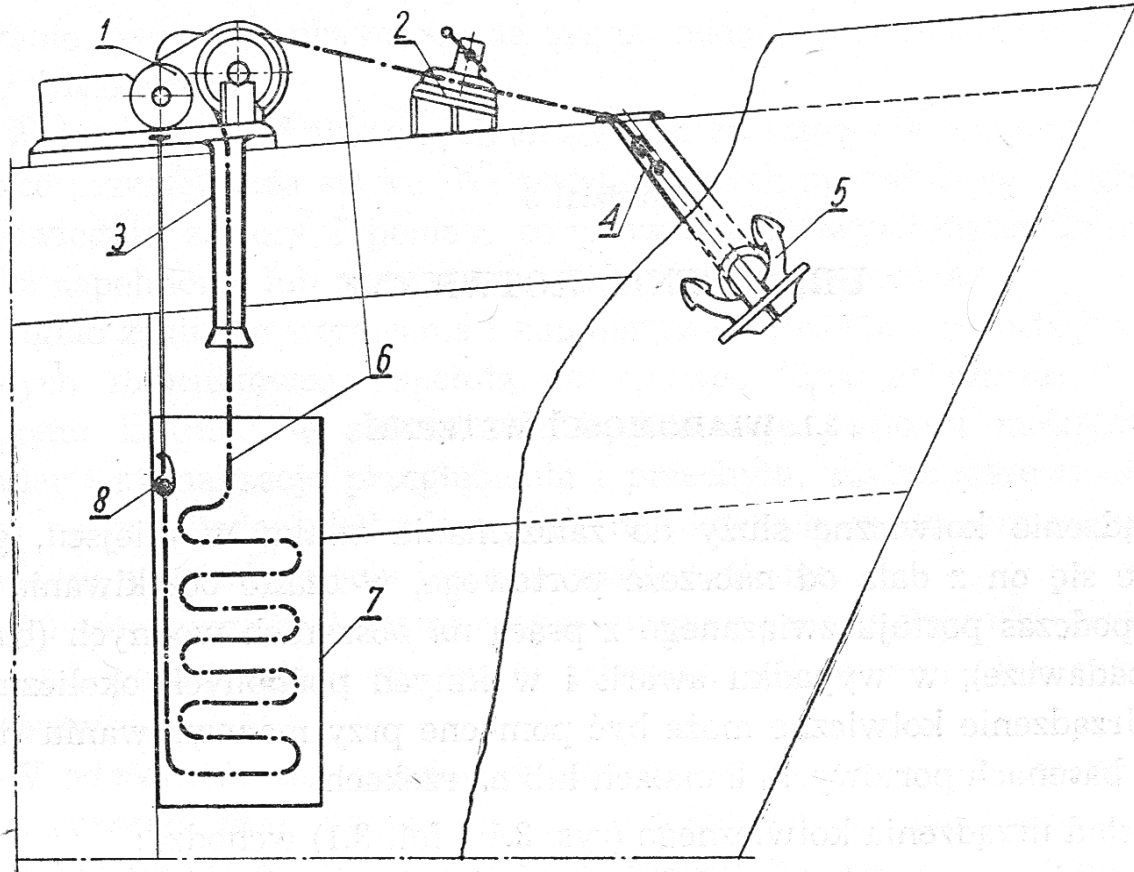
OR

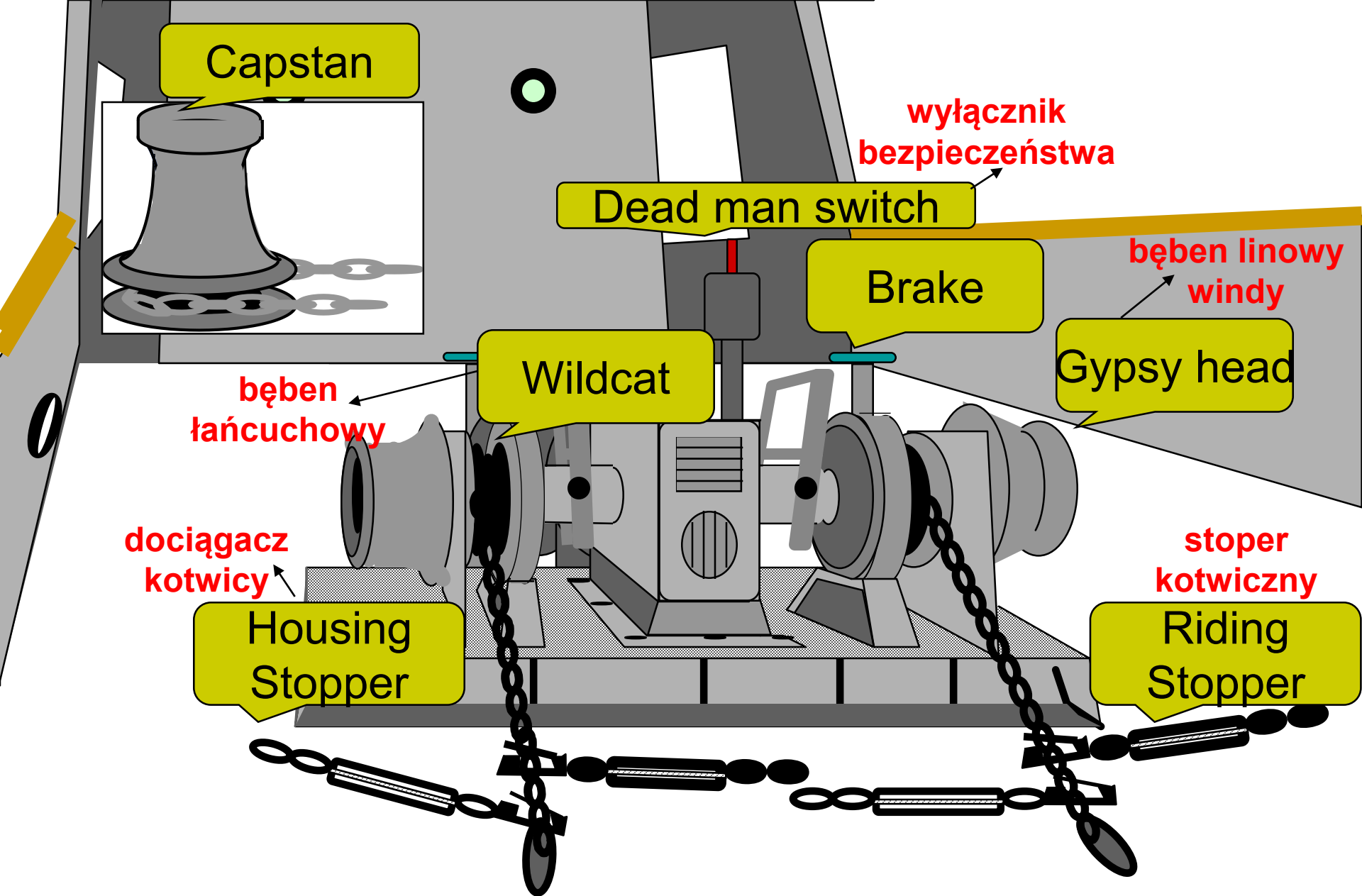


Podstawowe elementy urządzenia kotwicznego

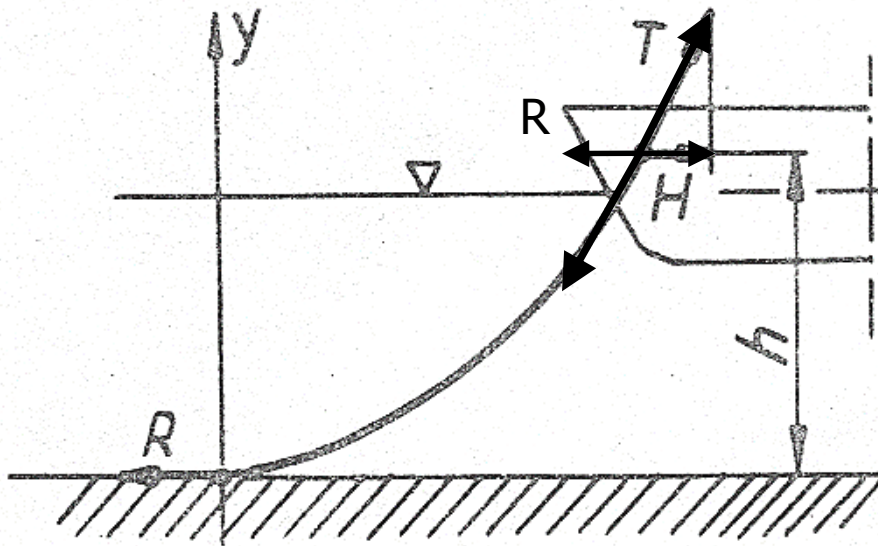
W skład urządzenia kotwicznego
wchodzi:

- kotwice (5),
- łańcuchy lub liny kotwiczne (6),
- stopery łańcucha (2),
- wciągarki kotwiczne (1),
- kluzy kotwiczne (4),
- kluzy łańcuchowe (3),
- komory łańcuchowe (7),
- zwalniaiki łańcucha kotwicznego (8)





Siły działające na łańcuch kotwiczny



H – suma sił działających na statek (napór wiatru, prądy wodne itp.)

R – siła trzymająca

T – siła naciągu łańcucha

$$R = H = q \cdot \frac{L^2 - h^2}{2 \cdot h}$$

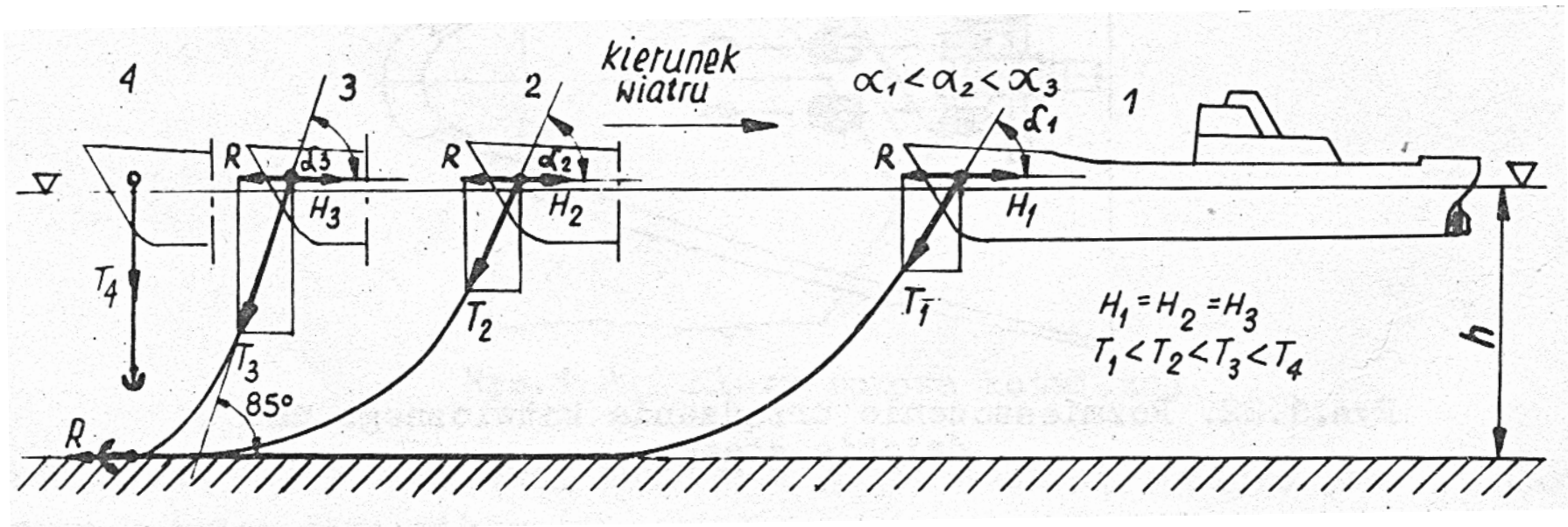
Typowe długości wypuszczonego łańcucha:

$$\begin{aligned} h < 20 \text{ m} &= 4 \cdot h, \\ 20 < h < 50 \text{ m} &= 3 \cdot h \\ h > 50 \text{ m} &= 2,5 \cdot h \end{aligned}$$

L – długość łańcucha

q – ciężar jednostkowy łańcucha

Siły działające na łańcuch kotwiczny – wybieranie łańcucha kotwicznego



Postój na kotwicy



Wymagania klasyfikacyjne

3 URZĄDZENIA KOTWICZNE

3.1 Wymagania ogólne

3.1.1 Każdy statek należy wyposażać w urządzenia kotwiczne, składające się z kotwic, łańcuchów kotwicznych, stoperów służących do mocowania kotwic zarówno w położeniu podróжным, jak i podczas postoju na kotwicy, urządzeń do mocowania i zwalniania końców łańcuchów kotwicznych, mechanizmów przeznaczonych do rzucania i podnoszenia kotwic oraz do utrzymania statku na rzuconych kotwicach na wodach osłoniętych w rejonie portu lub na redzie.

Urządzenie kotwiczne nie jest przeznaczone do zabezpieczenia statku przed dryfowaniem lub przemieszczaniem się na wzburzonym otwartym morzu. W tych warunkach obciążenie wyposażenia kotwicznego zwiększa się tak bardzo, że jego elementy mogą ulec uszkodzeniu lub zniszczeniu, zwłaszcza na dużych statkach.

Przyjmuje się, że w normalnych warunkach statek stosuje tylko jedną kotwicę dziobową.

Wymagania klasyfikacyjne

1.7 Wskaźnik wyposażenia

1.7.1 Wskaźnik wyposażenia jest przepisową wielkością bezwymiarową, według której należy dobierać z tabel, przy uwzględnieniu szczegółowych wymagań rozdziałów 3, 4 i 5, wymiary kotwic, łańcuchów lub lin kotwicznych, lin cumowniczych oraz lin holowniczych.

3.4.5 Wciągarki kotwiczne

Do rzucania i podnoszenia kotwic głównych oraz do utrzymania statku na rzucanych kotwicach głównych należy ustawić na pokładzie statku, w dziobowej części, wciągarki kotwiczne.

Na statkach o wskaźniku wyposażenia mniejszym niż 205 można stosować ręczne wciągarki kotwiczne lub wykorzystywać inne mechanizmy pokładowe do rzucania i podnoszenia kotwic.

Wymagania klasyfikacyjne

Wyposażenie kotwiczne

Wskaźnik wyposażenia	Kotwice dziobowe		Kotwica prądowa masa, kotwicy prądowej, [kg]	Łańcuchy kotwiczne				Łańcuch lub lina kotwicy prądowej	
	liczba	masa, [kg]		łączna długość obu łańcuchów, [m]	kaliber			długość, [m]	obciążenie zrywające łańcucha lub rzeczywista siła zrywająca liny, [kN]
					łączna długość obu łańcuchów, [m]	zwykłej wytrzymałości (stal kategorii 2), [mm]	wysokiej wytrzymałości (stal kategorii 3), [mm]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50–70	2	180	60	220	14	12,5	–	80	65
71–90	2	240	80	220	16	14	–	85	74
91–110	2	300	100	247,5	17,5	16	–	85	81
111–130	2	360	120	247,5	19	17,5	–	90	89
131–150	2	420	140	275	20,5	17,5	–	90	98
151–175	2	480	165	275	22	19	–	90	108
176–205	2	570	190	302,5	24	20,5	–	90	118
206–240	3	660	–	302,5	26	22	20,5	–	–
241–280	3	780	–	330	28	24	22	–	–
281–320	3	900	–	357,5	30	26	24	–	–
321–360	3	1020	–	357,5	32	28	24	–	–
361–400	3	1140	–	385	34	30	26	–	–

Wskaźnik wyposażenia

$$N_c = D^{2/3} + 2Bh + 0,1A$$

gdzie:

- D** – wypór statku przy zanurzeniu do letniej wodnicy ładunkowej [t];
- B** – szerokość statku [m];
- h** – rzeczywista wysokość mierzona od letniej wodnicy ładunkowej do górnej krawędzi najwyższej nadbudówki:

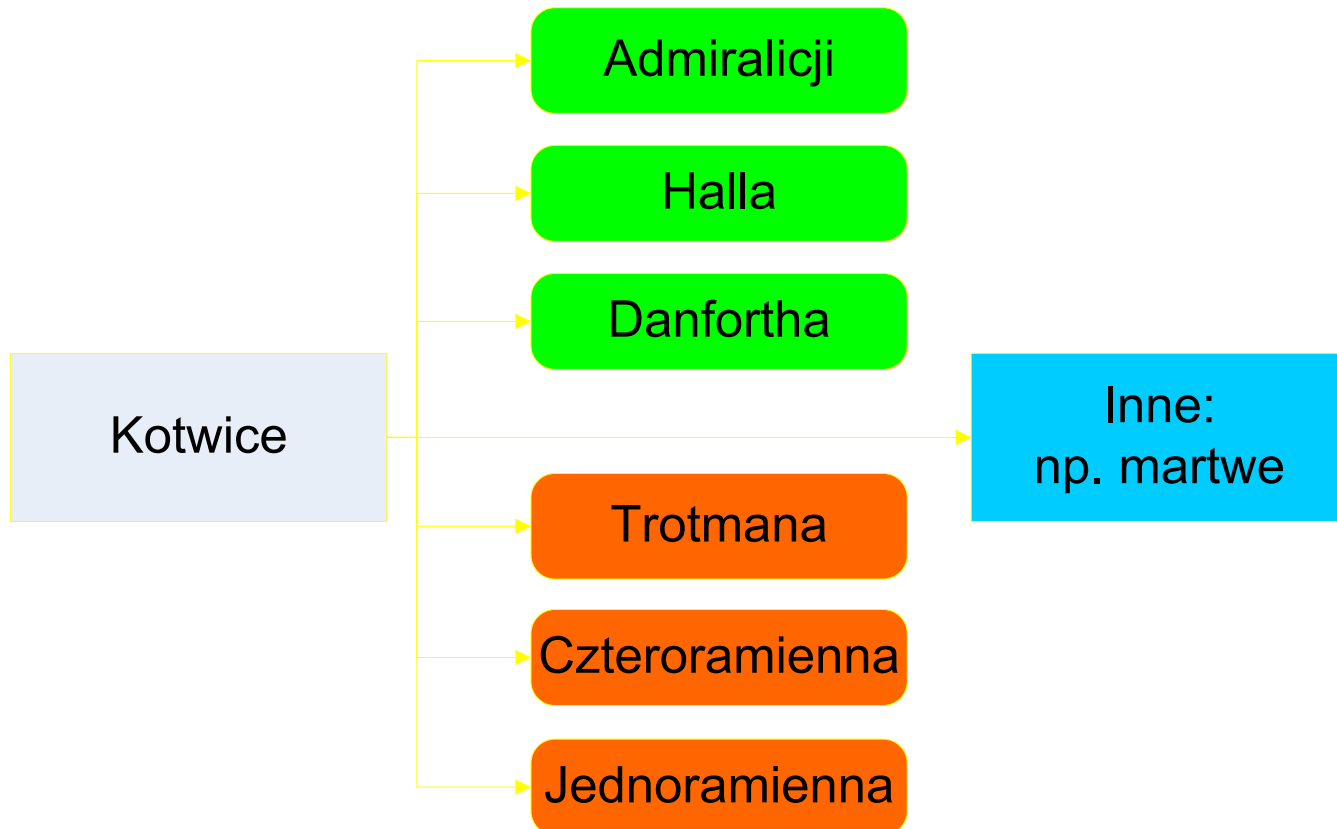
$$h = a + \sum h_i$$

- a** – odległość od letniej wodnicy ładunkowej do górnego pokładu mierzona na owręży przy burcie [m];
- h_i** – wysokość (mierzona w płaszczyźnie symetrii) każdej kondygnacji nadbudowy mającej szerokość większą niż 0,25B [m];
- A** – boczna powierzchnia nawiewu kadłuba powyżej letniej wodnicy ładunkowej oraz nadbudówki i pokładówki o szerokości większej niż 0,25B w obrębie długości

Kotwice

Kotwica – element wyposażenia okrętowego służący do unieruchomienia statku przez zaczepienie o dno.

Istnieje kilka podstawowych typów kotwic, różniących się budową i kształtem, wszystkie jednak działają na tej samej zasadzie: gdy statek rzuci kotwicę, a następnie, dryfując, zaczyna ją wlec, łapa lub łapy kotwicy zagłębiają się w dnie.



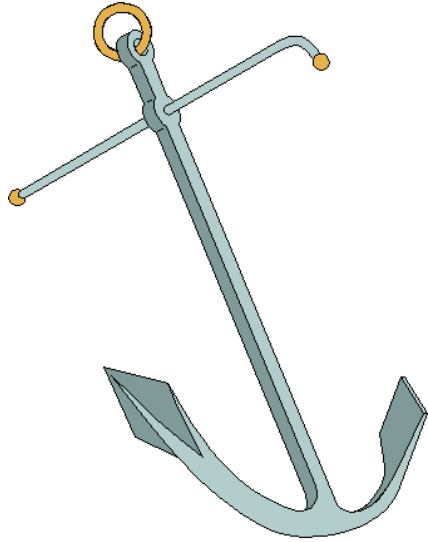
Skuteczność kotwicy

Do liczbowego określenia osiągnięć kotwic stosowanych głównie w oceanotechnice lub do stałego kotwiczenia różnych innych obiektów pływających ich producenci posługują się pojęciem **SKUTECZNOŚCI KOTWICY** (ang. efficiency; fr. efficacité) zdefiniowanej jako **stosunek maksymalnej siły trzymania T do ciężaru kotwicy w powietrzu P** .

$$e = \frac{T}{P}$$

Skuteczność kotwicy o określonej konstrukcji **nie jest wielkością stałą, ale maleje wraz ze wzrostem ciężaru, przy czym występujące różnice są silnie zróżnicowane, zależnie od typu kotwicy**. Dla kotwic o ciężarach mniejszych od 1 kN, skuteczność kotwic może być rzędu 50 do 100 a nawet więcej. Dla dużych kotwic o ciężarze ponad 100 kN, skuteczność rzadko kiedy przekracza wartość 20, ale istnieją konstrukcje, których skuteczność w piasku osiąga wartości 40÷50.

Kotwica admiralicji



Składa się z nieruchomych ramion i składanej poprzeczki, która jest przed użyciem kotwicy unieruchamiana.

Kotwica ta ma bardzo dobrą przyczepność do gruntu a jedyną jej **wadą jest problem z jej przechowywaniem na statku (brak możliwości umieszczenia w kluzie).**

Stosowana przede wszystkim na **małych statkach np. rybackich, żaglowcach oraz statkach śródlądowych.**

Masa produkowanych kotwic **75 – 3000 kg (w niektórych sytuacjach do **6000 kg**).**

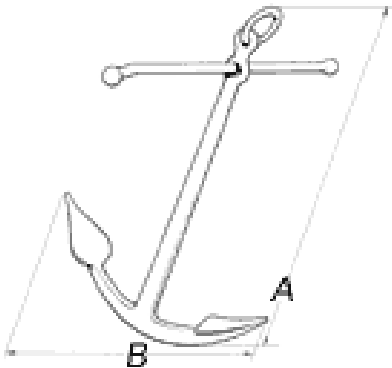
Masa poprzeczki wynosi ok 25% masy kotwicy.



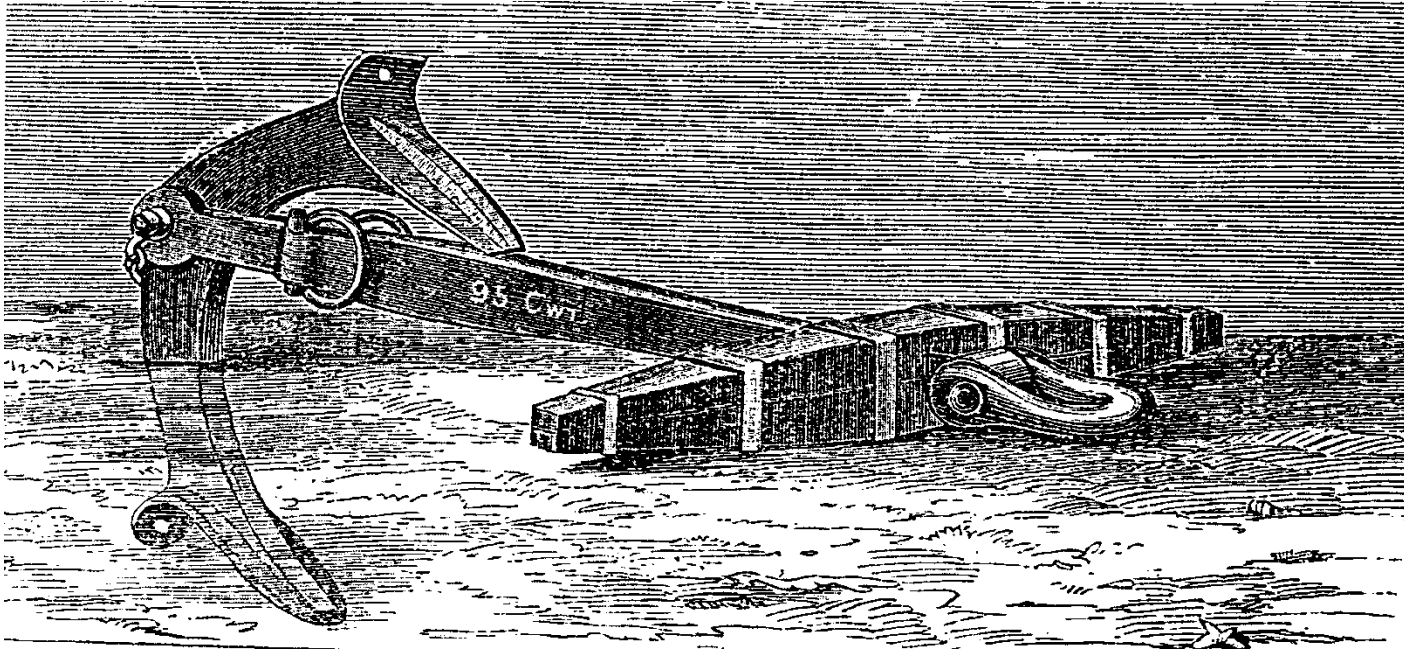
Kotwica admiralicji

(funt $\approx 0,45\text{kg}$)

WEIGHT LBS	A	B
15	26	20
20	30	21
25	27	17
30	38	23
35	30	19
40	32	20
45	44-1/2	31
50	35	21
75	39	24
100	44	27
150	50	30

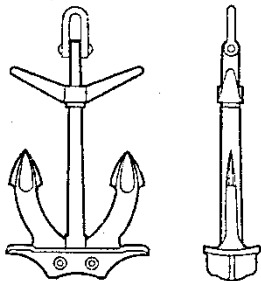
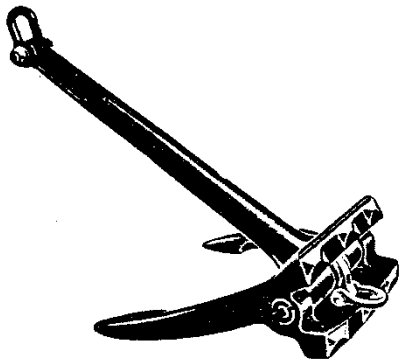


Kotwica admiralicji



Zarówno w kotwicach typu admiralicji jak i później powstałych, ulepszonych jej wersjach, za które mogą być uważane kotwice **Portera**, **Rodgera** i **Trotmana** **tylko jedna z łap zagłębiała się w grunt, natomiast druga nie uczestniczyła w uzyskiwaniu siły trzysmania**. Na płytkich wodach, nieczynne, wystające z dna ramię stwarzało zawsze pewne **zagrożenie** dla przepływających nad nimi innych statków, natomiast poprzeczka ustawiona w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ramion, przysparzała załodze wiele kłopotów przy wyciąganiu kotwicy i jej umieszczaniu na pokładzie.

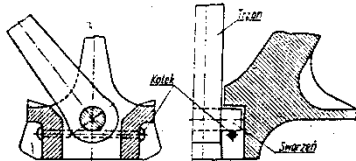
Kotwica Halla (patentowa)



Najczęściej używany obecnie typ kotwicy z grupy patentowych, których wspólną cechą charakterystyczną są ***ruchome ramiona***.

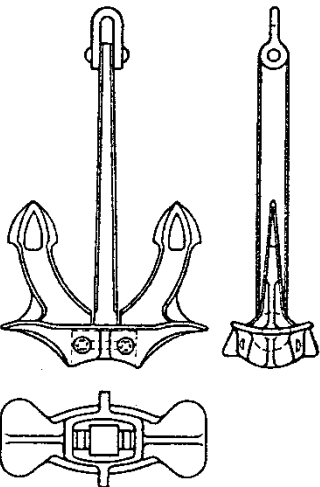
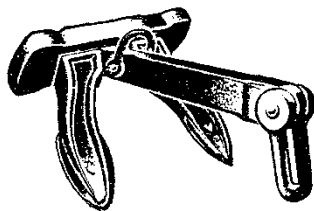
Zalety:

- łatwość umieszczenia w kluzie,
- gotowość do natychmiastowego użycia,
- łatwość wykonania



Wada:

- mniejszy współczynnik przyczepności w porównaniu z kotwicą admiralicji.

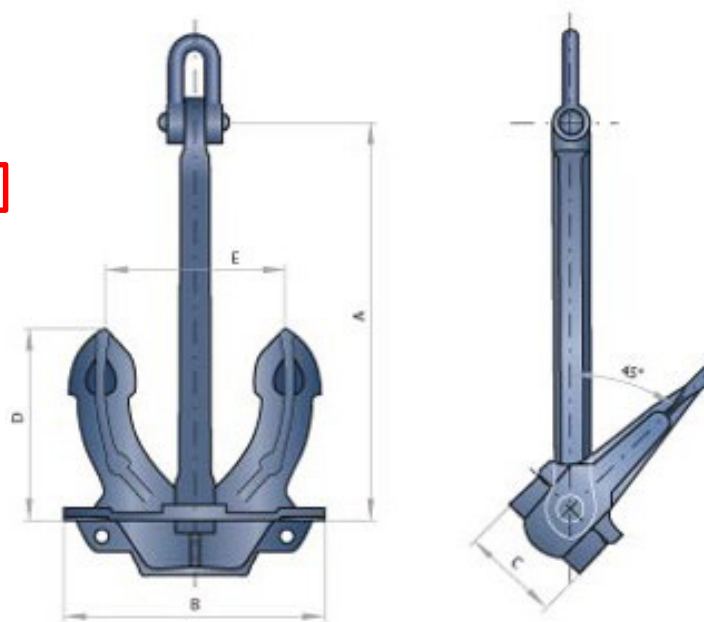


Kotwica Halla (patentowa)



Kotwica Halla (patentowa)

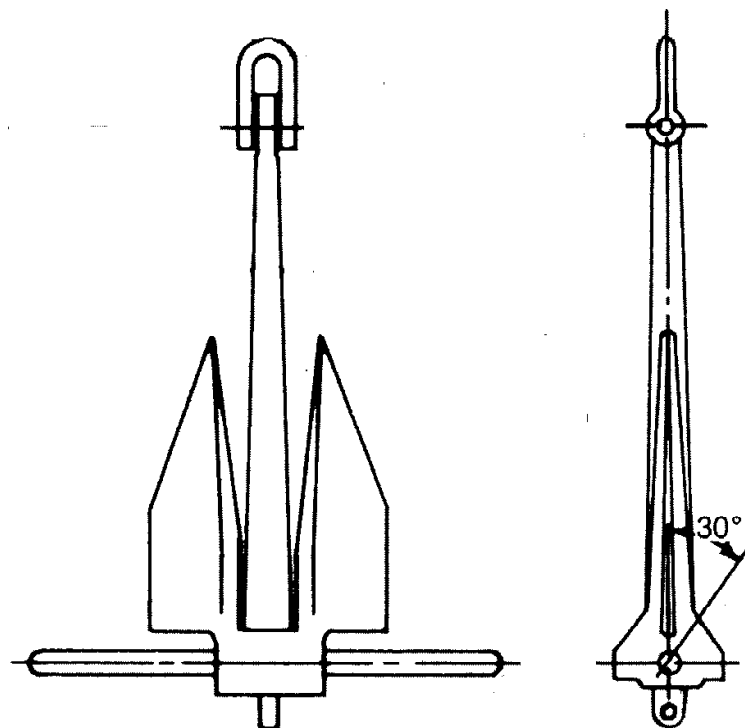
Weight (in kgs)	A	B	C	D=E
180-240	985	694	312	510
360-480	1220	860	380	630
780-900	1490	1053	470	772
1020-1140	1600	1126	512	825
1290-1440	1800	1245	550	895
1920-2100	2020	1407	623	1020
2280-2640	2170	1519	672	1085
3300-3780	2466	1740	733	1265
4050-4590	2784	1889	780	1384
4890-5610	2788	1952	846	1394
6000-6900	2930	2064	932	1512
8300-9300	3301	2311	1023	1650
9900-11000	3502	2452	1086	1751
13500-14700	3845	2690	1190	1925
17800-18800	4175	2920	1295	2085
20000-23000	4465	3125	1385	2230



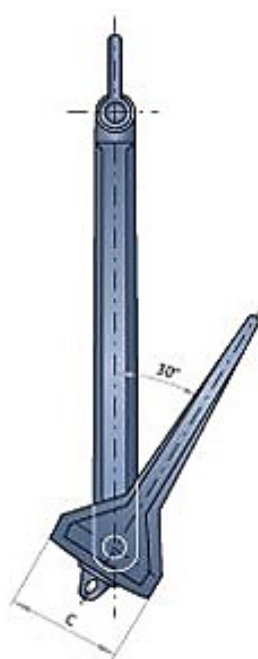
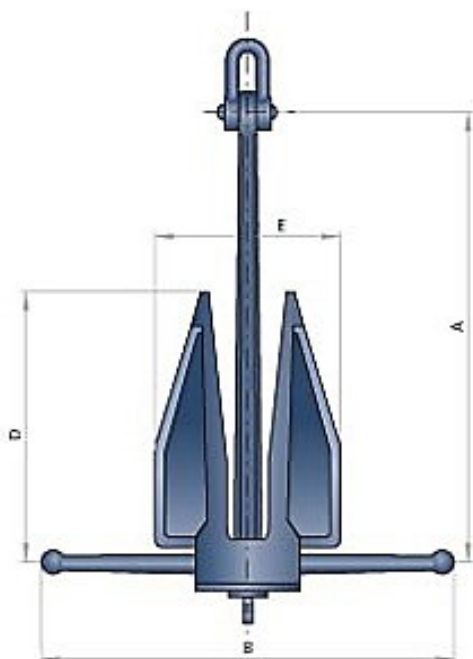
Kotwica Danforth

Należy do kotwic o **zwiększonej sile trzymania**. Zgodnie z przepisami Towarzystw Klasyfikacyjnych za kotwice o *zwiększonej sile trzymania* (*high holding power anchors*) **oznaczone symbolem HHP** uważa się kotwice, które w czasie prób porównawczych przeprowadzonych w takich samych warunkach na trzech rodzajach gruntów: mule, piasku lub żwirze oraz twardej glinie wykazują co najmniej dwa razy większą siłę trzymania w porównaniu do kotwicy typu Halla o takim samym ciężarze.

Zaliczenie kotwicy do kategorii kotwic o dużej sile trzymania umożliwia **obniżenie ciężaru kotwicy**, określonego odpowiednimi przepisami, o **25%** (wg przepisów LRS i GL) lub o **20%** (wg przepisów BV i ABS).

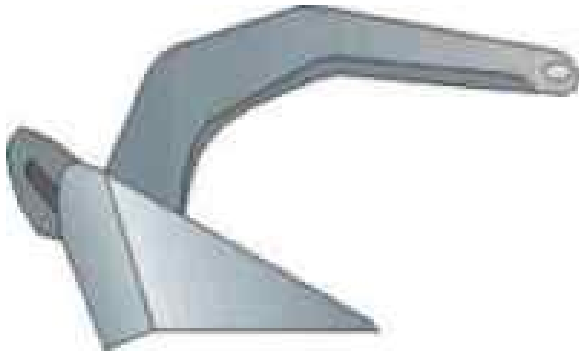


Kotwica Danforth



Weight (in LBS)	Weight (in kgs)	A	B	C	D	E
300	135	1350	1130	275	820	560
500	225	1600	1340	325	975	665
1000	455	1830	1580	410	1100	760
2000	910	2100	1820	525	1275	900
2500	1135	2260	2140	560	1350	930
3000	1360	2390	2260	595	1440	990
5000	2270	2780	2700	710	1650	1175
6000	2730	2960	2810	750	1780	1200
7000	3180	3120	2960	790	1880	1260
8000	3635	3260	3090	825	1960	1320
10000	4540	3510	3330	890	2100	1420
12000	5445	3730	3540	945	2240	1410
16000	7260	4100	4000	1047	2470	1660
18000	8165	4270	4080	1080	2560	1730
20000	9075	4370	4150	1110	2620	1770
30000	13610	5000	4750	1270	3000	2025

Kotwica pługowa



Kotwice martwe

Stosowane podczas długotrwałego kotwiczenia (*permanent anchoring*) polegającego na unieruchomieniu konstrukcji oceanotechnicznych – pływających lub półzanurzeniowych platform wydobywczych, boji cumowniczo-przeładunkowych, zbiorników magazynowych itp., na okres 5 do 20 lat zależnie od wielkości eksploatowanego złoża. Systemy trwałego kotwiczenia są zwykle wyposażone w pale lub grupy pali, ale równie często w kotwice o dużej sile trzymania, szczególnie dla baz przeładunkowych.

Działanie klasycznej martwej kotwicy polega na uzyskiwaniu wymaganej siły trzymania ***głównie dzięki działającej pionowo sile ciężkości***, a tylko w nieznacznym stopniu oporowi jaki stawia kotwica przy poziomo działającej sile.

Najprostszymi martwymi kotwicami ***są betonowe, żelazobetonowe, żeliwne lub stalowe bloki w kształcie ściętych ostrosłupów lub płaskich cylindrów.***

Kotwice martwe

Martwe kotwice wykonane z betonu charakteryzują się następującymi zaletami:

- są proste w budowie,
- ich zastosowanie jest niezależne od rodzaju gruntu, wyłączając gładkie, pochylone dna,
- siła trzymania w kierunku pionowym może być określona z dużą dokładnością a procedura ich instalowania (przy niewielkich ciężarach) jest stosunkowo prosta i nie wymagająca specjalnego wyposażenia.

Stacjonarna Półzanurzalna Samopodnośna FPSO

TLP



Jednostki górnictwa morskiego

Platformy samopodnośne (Jack-up)



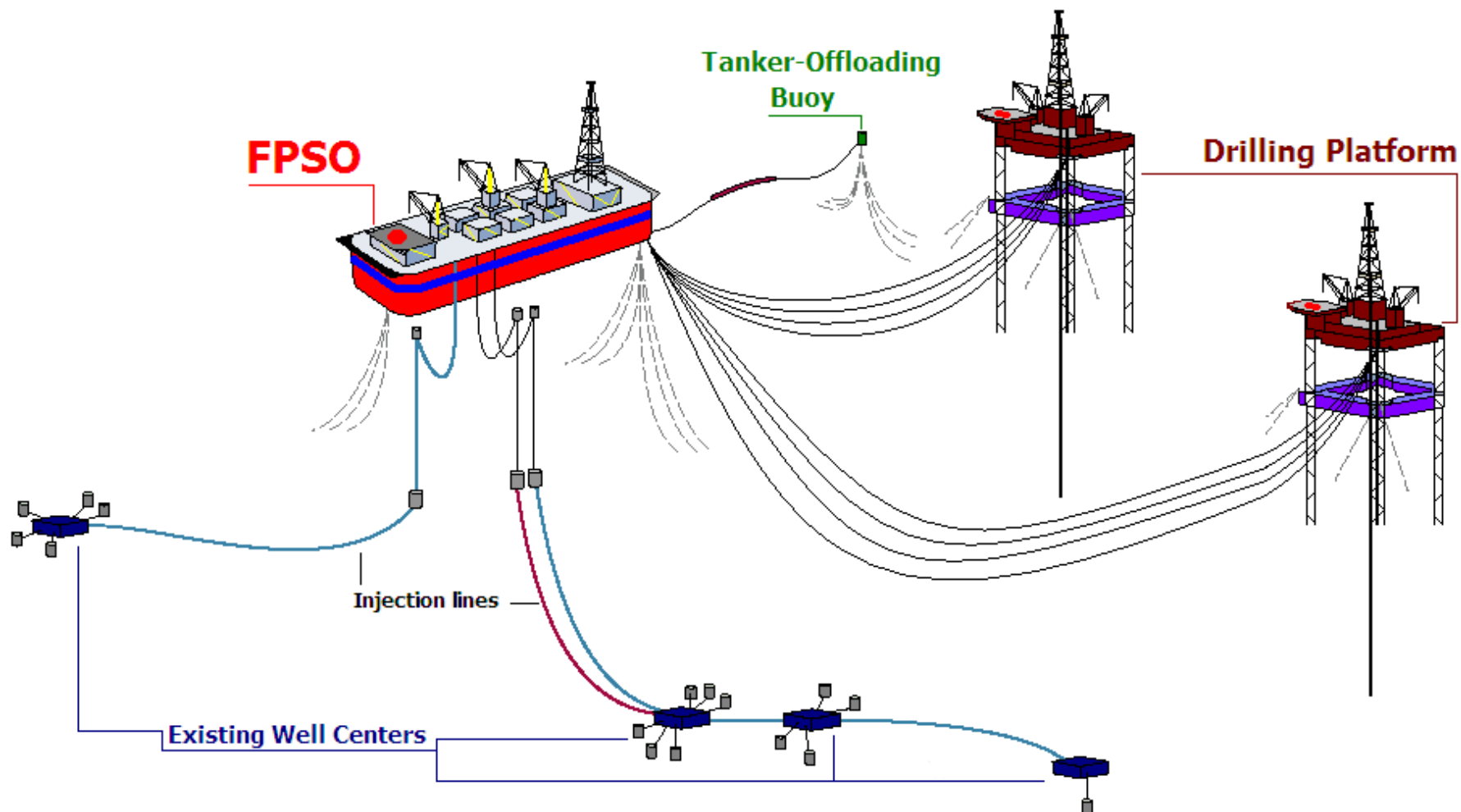
Składają się z kadłuba, na którym zainstalowane są urządzenia wiertnicze i pomocnicze, oraz z kolumn (podpór) wysuniętych ponad kadłub. Wysunięte wysoko ponad kadłub kolumny stwarzają problemy statecznościowe podczas transportu platformy na pole odwiertu, dlatego też konstruktorzy zmniejszyli do minimum liczbę kolumn (3÷5 kolumn) oraz wprowadzili konstrukcje teleskopowe.

Po przetransportowaniu platformy na miejsce odwiertu kolumny są opuszczane na dno i stabilizowane. Platformy samopodnośne są stosunkowo niedrogie, a także odporne na niesprzyjające warunki atmosferyczne. Głębokości, na których mogą pracować to 30÷70m, a niekiedy nawet 150m

FPSO (ang Floating Production, Storage and Offloading Unit, *jednostka pływająca do wydobycia, składowania i przeładunku*) – jednostka pływająca, której zadaniem jest wydobywanie, wstępne oczyszczenie, przechowywanie i przeładunek ropy naftowej i gazu ze złóż podmorskich.

W latach 70. XX wieku górnictwo podmorskie ropy naftowej rozwinęło się na tyle, że oprócz pozyskiwania ropy ze złóż pod stosunkowo płytkimi wodami (kilkadziesiąt metrów) sięgnięto po złoża znajdujące się pod wodą o głębokości **kilkuset metrów**. Wymagało to rozwinięcia nowych technik i środków. Wcześniej wydobyta ropa była transportowana rurociągami na brzeg. Przy odległościach między brzegiem a złożem rzędu kilkuset kilometrów stawało się to nieopłacalne, zwłaszcza, że układanie rurociągu na głębokości kilkuset metrów było trudniejsze niż na głębokości kilkudziesięciu metrów. Ropę z odległych złóż należało transportować tankowcami. Początkowo tankowiec odbierał ropę na bieżąco z platform produkcyjnych. Musiał jednak być zamocowany do platformy lub pobliskiej **boi przeładunkowej**, co generowało koszty i stwarzało niebezpieczeństwo w razie pogorszenia pogody. Spowodowało to konieczność składowania ropy w pobliżu złoża, w oczekiwaniu na tankowiec. W tym celu kotwiczono na stałe na polach naftowych **wielkie tankowce** (w bezpieczny sposób, za pomocą kilku kotwic) i **łączono je rurociągami z platformami**. Takie obiekty, które tylko przechowywały ropę i mogły ją przepompować na **tankowiec dowozowy** (*Shuttle tanker*), **nazwano FSO** (Floating Storage and Offload Unit – *jednostka pływająca do przechowywania i przeładunku*). Z czasem na takich jednostkach zaczęto montować urządzenia do wstępnego oczyszczania ropy i gazu oraz podłączać je bezpośrednio do ujęć na dnie (**zaopatrzwszy w aparaturę do kontrolowania wydobycia**). W ten sposób powstały jednostki FPSO.

Część **FPSO** stanowią wielkie tankowce, których eksploatacja na liniach żeglugowych stała się mniej opłacalna, część jest budowana od nowa jako FPSO. Przeładunek może następować za pomocą **boi przeładunkowej** (**ustawionej w odległości 1-2 mil morskich od FPSO lub bezpośrednio z FPSO na tankowiec**). Do bezpośredniego przeładunku używane są tankowce typu *shuttle tanker*. Pusty tankowiec podchodzi do boi lub FPSO i zostaje zamocowany za pomocą odpowiednich środków cumowniczych zwanych z angielskiego (hawser). Następnie przekazuje się na tankowiec pływające węże, podłączane na pokładzie do manifoldów lub BLS (Bow Loading System). Za pomocą pomp FPSO, w ciągu kilkunastu do trzydziestu godzin przetacza ładunek na tankowiec, który po rozłączeniu wiezie ją do portu przeznaczenia. FPSO może pomieścić miliony baryłek ropy naftowej. TT Knock Nevis ma pojemność 4,1 miliona baryłek, czyli ok. 650 000 m³. W zależności od wydajności złoża, FPSO napełnia się kilka/kilkanaście dni, rozładunek trwa około 24 godzin.



Platformy ciągnowe (*Tension Leg Platform- TLP*) są przymocowane linami stalowymi do betonowych kotwic umieszczonych na dnie morskim, dokładnie pionowo pod platformą. Taki system kotwienia umożliwia wykorzystanie platform TLP do wierceń na znacznych głębokościach. Pierwsza w świecie betonowa platforma TLP została zakotwiczona na polu Heidrum na Morzu Północnym, na głębokości 350 m. Platforma ma wymiary 150 x 80 m i waży 220 000 ton. Jest obsługiwana przez 350 osób i produkuje 220 000 bbls/d ropy. Maksymalne odchylenie platformy od pozycji kotwienia przy najbardziej niekorzystnych warunkach atmosferycznych może wynieść 31 m. Na największych głębokościach konieczne jest wykorzystanie do wierceń statków wiertniczych (*drillship*). Są to nieduże jednostki o wyporności do 14 000 DWT, długości 135 m, osiągające prędkość do 14 w. Na śródokręciu statku ustawiona jest wieża, a na jego rufie pokład helikopterowy. Przy wierceniu do 200 m głębokości jednostki te zakotwiczone są na kilku kotwicach (zazwyczaj ośmiu), natomiast na większych głębokościach do 2000 m i od 6000 do 10000 m poniżej dna morskiego wykorzystywane są statki wyposażone w system dynamicznego pozycjonowania DP (*Dynamic Positioning System*)

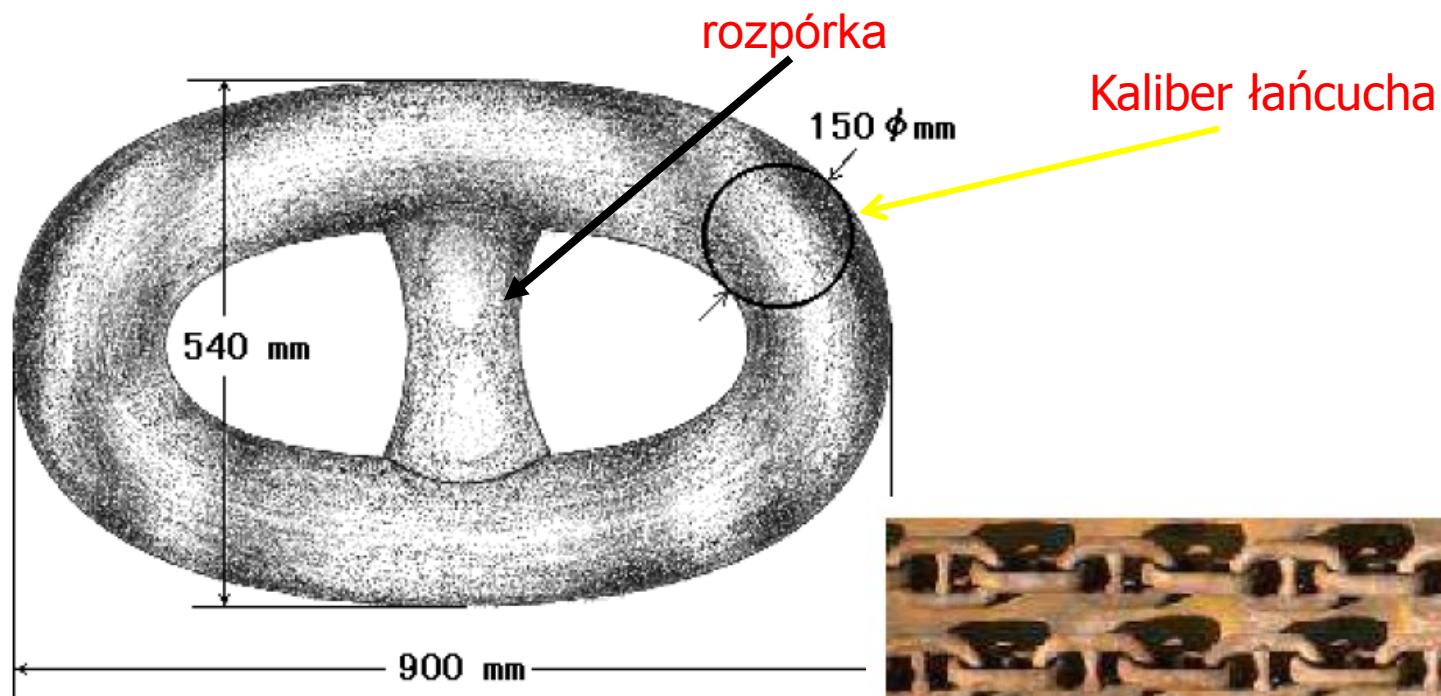
TLP – Tensing Leg Platform



Holowanie kadłuba Morpeth Sea Star TLP z Houma do pola naftowego "Morpeth" w Zatoce Meksykańskiej.



Łańcuchy kotwiczne



Łańcuch składa się z rozłączalnych odcinków zwanych **przęsłami** o **długości ok. 25 m** (1-sze przęsło – **kotwiczne**, ostatnie – **komorowe**)

Łańcuchy kotwiczne

Ogniwa:

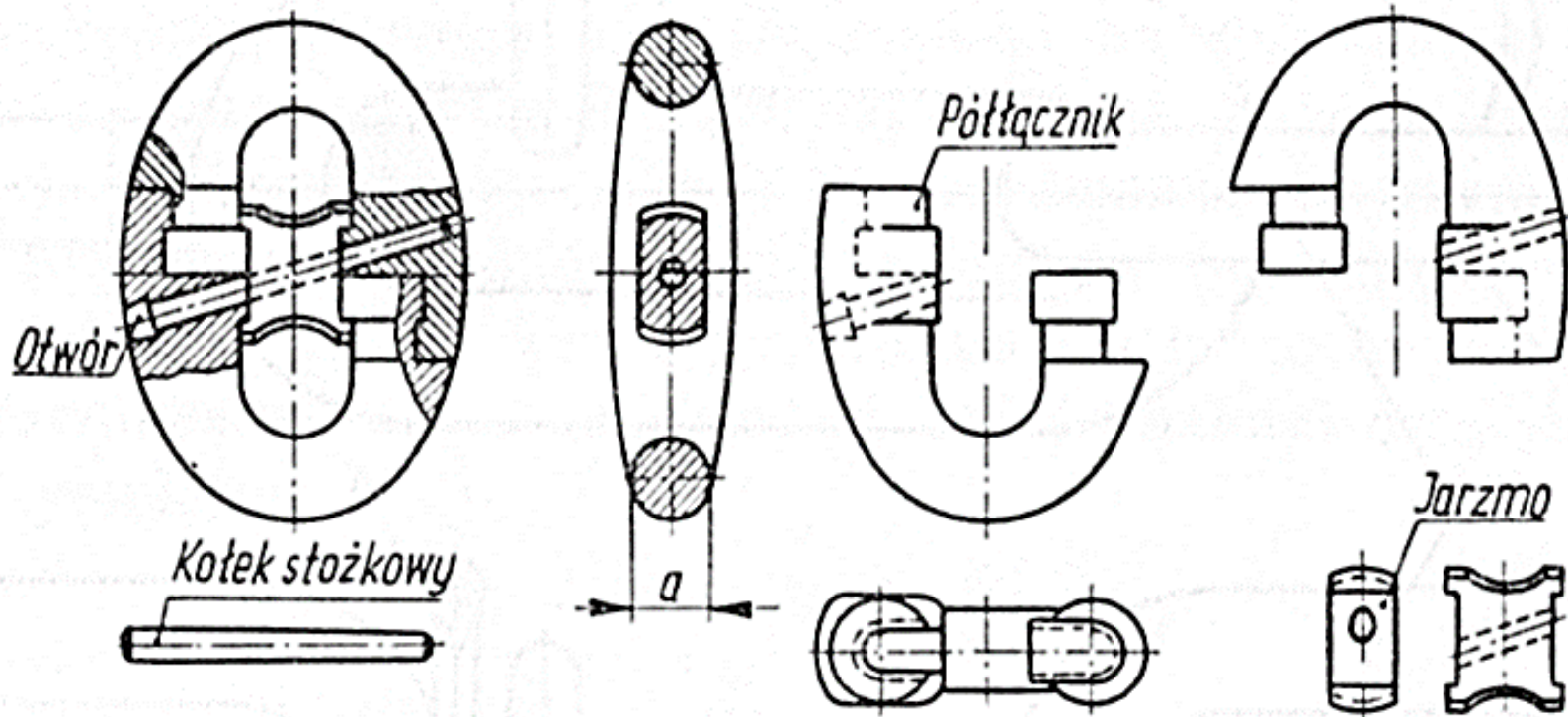
- **zwykłe** (**bezrozpórkowe** – kaliber do 10 mm, **rozpórkowe** – kaliber powyżej 40 mm),
- **końcowe** – ostatnie ogniwa przęseł, wykonane bez rozpórki, stosowane do połączenia przęseł szezlami,
- **duże** – ogniwa o wymiarach pośrednich pomiędzy ogniwami zwykłymi a końcowymi, łagodzą różnicę ich wymiarów ułatwiając ślizganie się łańcucha w kluzie



Inne elementy:

- **kretliki** – umożliwiają obrót jednej części łańcucha dookoła jej osi bez skręcania pozostałych części, wchodzi w skład przęsła kotwicznego oraz niekiedy komorowego,
- **haki odrzutne** – stosowane na końcu przęsła komorowego dla łańcuchów mniejszych kalibrów (dla dużych kalibrów - zwalniak łańcucha),
- **łączniki Kentera** – mogą być stosowane zamiast szezli pośrednich do łączenia przęseł.

Łącznik Kentera



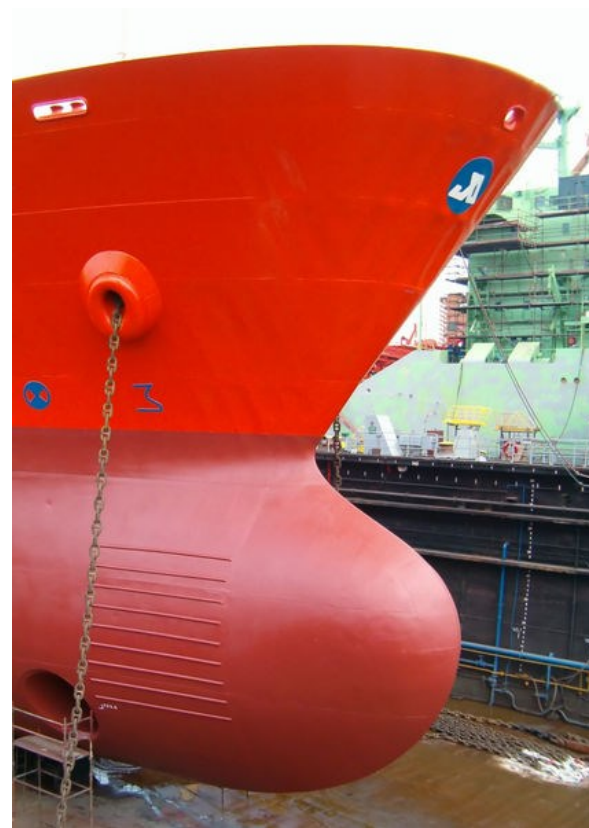
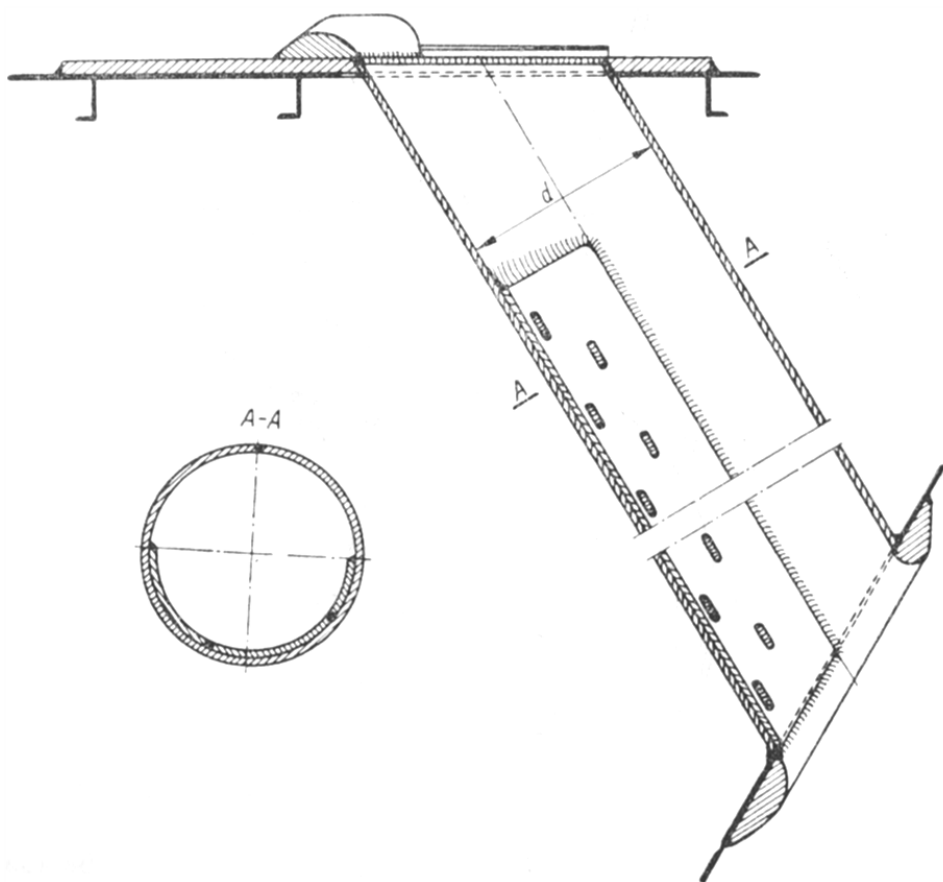
Łącznik Kentera



Kluzy kotwiczne

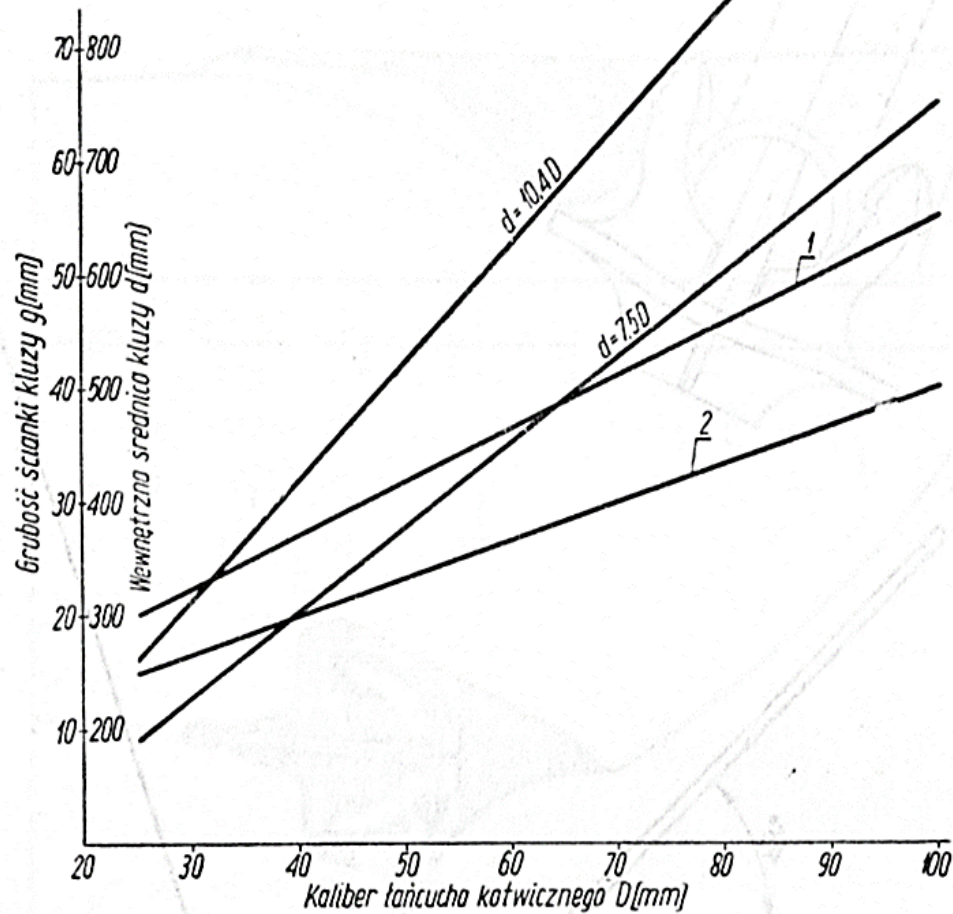
Kluza kotwiczna jest grubościenną rurą zakończoną z jednej strony **kołnierzem burtowym** a z drugiej **kołnierzem pokładowym**.

Powinna mieć takie **nachylenie** aby kotwica samoczynnie opadała do wody pod wpływem własnego ciężaru i aby **nie zakleszczała** się w kluzie



Kluzy kotwiczne

Kluzy stalowe



Komora łańcuchowa

Komory łańcuchowe służą do przechowywania na statku łańcuchów kotwicznych. Każdy łańcuch musi mieć oddzielną komorę łańcuchową o odpowiedniej pojemności, wystarczającej do swobodnego ułożenia łańcucha określonej długości.

Objętość zajmowaną przez łańcuch kotwiczny można obliczyć ze wzoru:

$$V = 0,0009 \cdot d^2$$

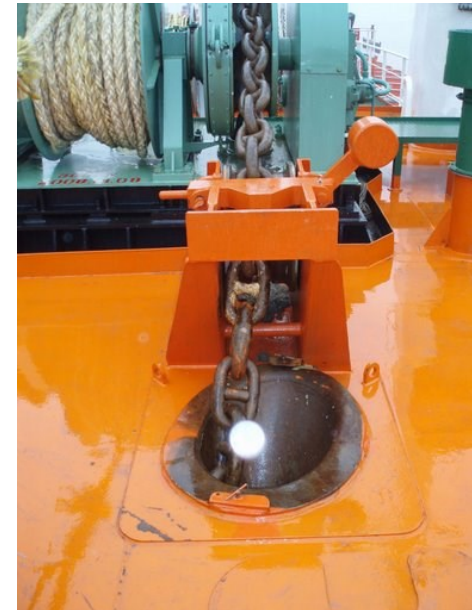


Komora łańcuchowa

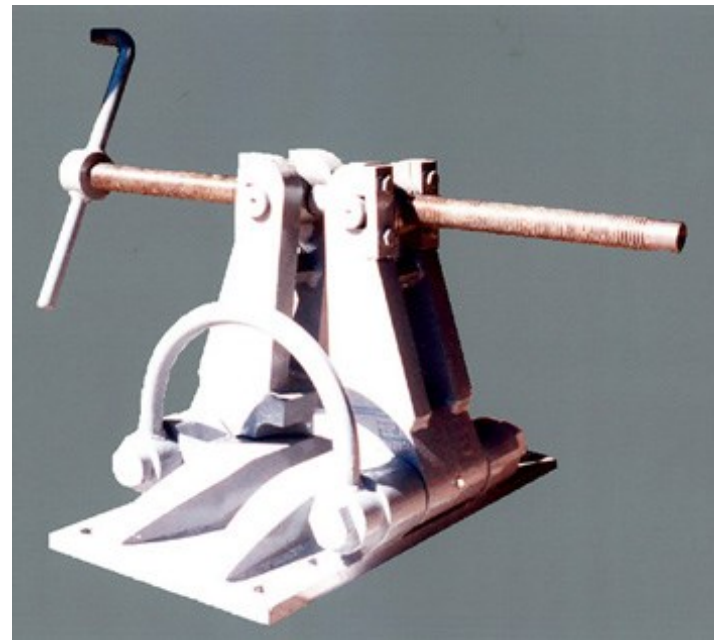


Stopery łańcucha

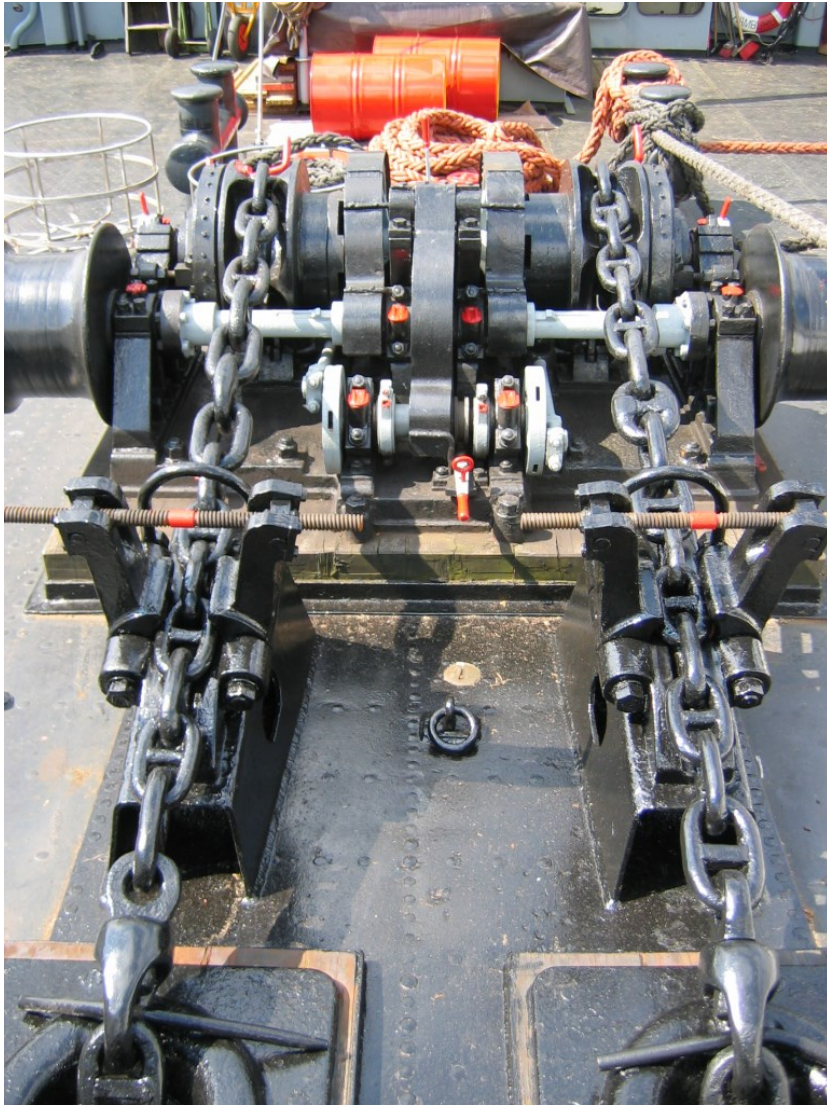
Stopery kotwiczne instalowane są na pokładzie statku pomiędzy wciągarką kotwiczną/przystawką kotwiczną a kluzą. Przejmują one pełne obciążenie z łańcucha kotwicznego, gdy statek jest zakotwiczony. Zgodnie z przepisami towarzystw klasyfikacyjnych siła trzymania stopera kotwicznego musi być równa 80% siły zrywającej łańcuch. Podczas operacji opuszczania/podnoszenia kotwicy blokada stopera jest podniesiona co pozwala na bezpieczne wydawanie/podnoszenie łańcucha.



Stopery łańcucha kotwicznego



Wciągarka kotwiczna (**braszpil**)



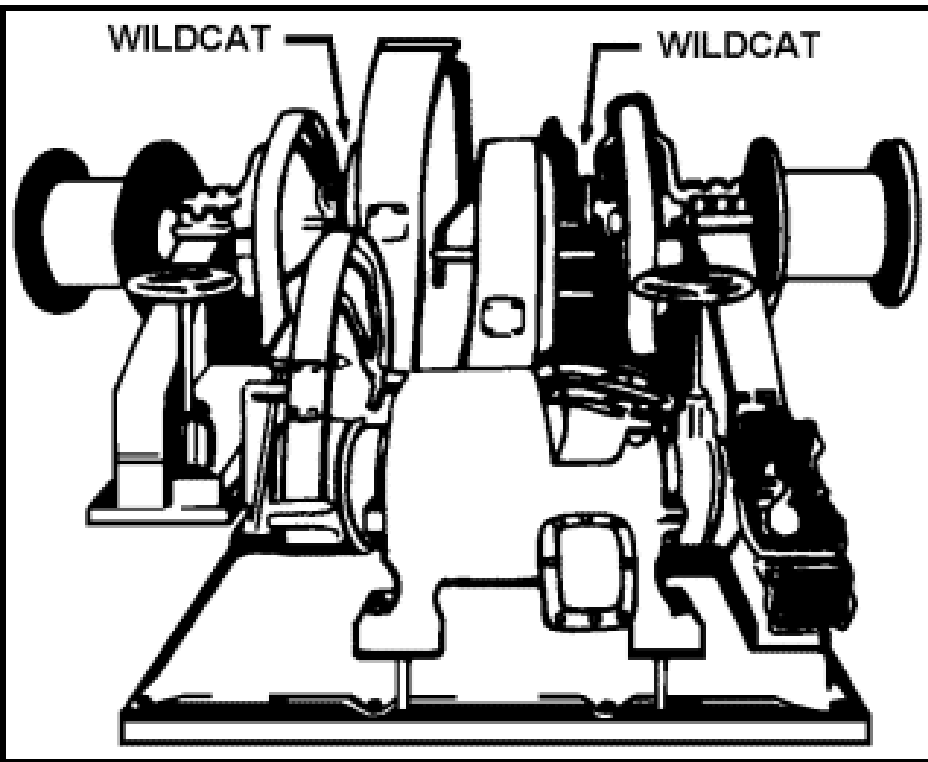
Urządzenie mechaniczne służące do podnoszenia i opuszczania kotwicy.

Wyrzucanie kotwicy na głębokościach do ok. 25 m odbywa się najczęściej bez udziału wciągarki, przy większych głębokościach kotwice opuszcza się początkowo przy załączonym silniku windy kotwicznej.

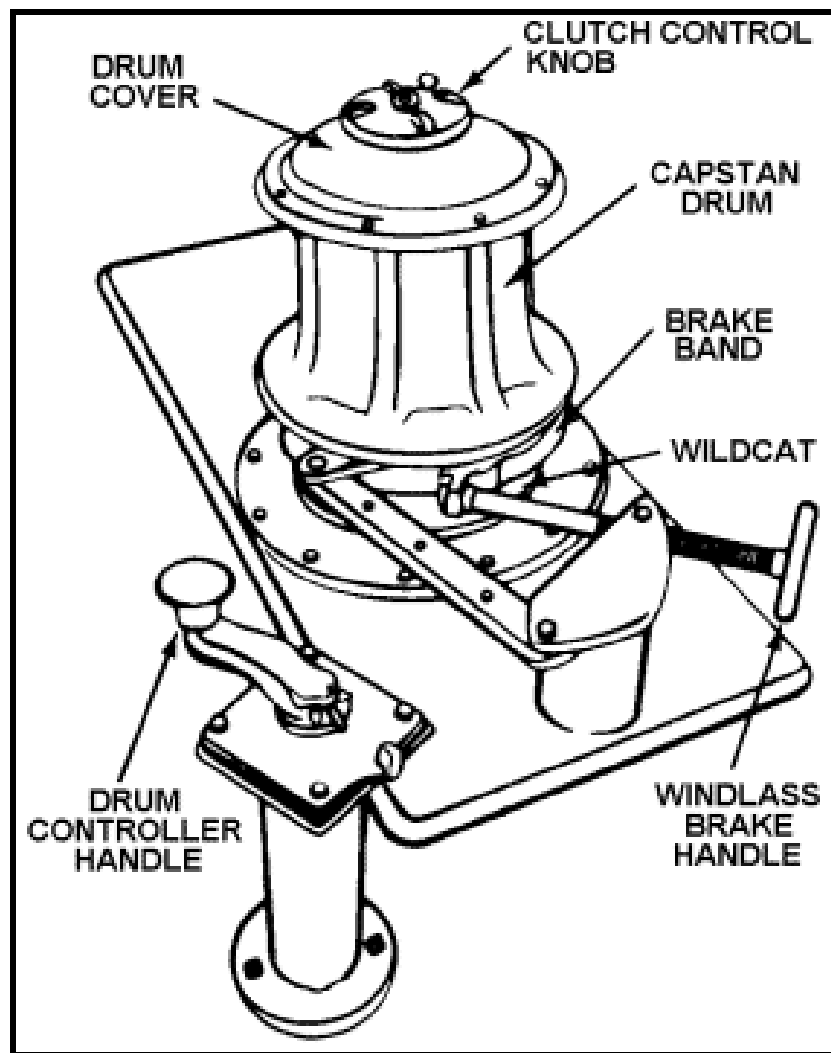
Wciągarki:

- poziome – pionowe
- kotwiczne, cumowniczo – kotwiczne
- elektryczne – hydrauliczne

Wciągarka kotwiczno - cumownicza



Wciągarka kotwiczna



Przykłady rozwiązań



Cumowanie

Cumowanie - unieruchomienie statku przy nabrzeżu, burcie innej jednostki, boi, pławie, beczce cumowniczej itp. Czynności tej dokonuje się za pomocą lin cumowniczych podawanych z pokładu cumującej jednostki.

Cumowanie - ma na celu nie tylko bieżące unieruchomienie jednostki, ale także zabezpieczenie jej przed zerwaniem w razie pogorszenia pogody, a sposób cumowania powinien uwzględniać także warunki lokalne - przede wszystkim wahania poziomu wody.

W przypadku korzystania przez więcej niż jedną jednostkę z tych samych urządzeń cumowniczych na nabrzeżu, liny cumownicze powinno się tak zakładać, aby było możliwe zdejmowanie ich w dowolnej kolejności. Np. w przypadku liny z uchem robi się to w ten sposób, że **drugą linę przewleka się od spodu przez ucho tej będącej już na polderze i następnie zakłada na polder powyżej pierwszej liny**



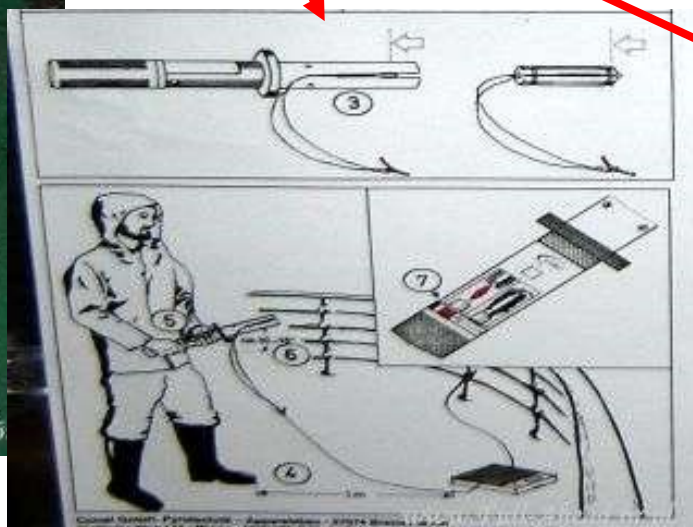
Podawanie rzutki cumowniczej



Rzutkowy pistolet - specjalny pistolet używany podczas akcji ratowniczej do podawania (np. ze statku na inny statek, z brzegu na statek) holu lub **linki za pośrednictwem rzutki specjalnie ułożonej i umocowanej do pocisku**. Na większe odległości rzutkę wystrzeliwuje się z wyrzutni rzutkowej za pomocą **specjalnej rakiety**.



www.Full-Ahead.6r.pl



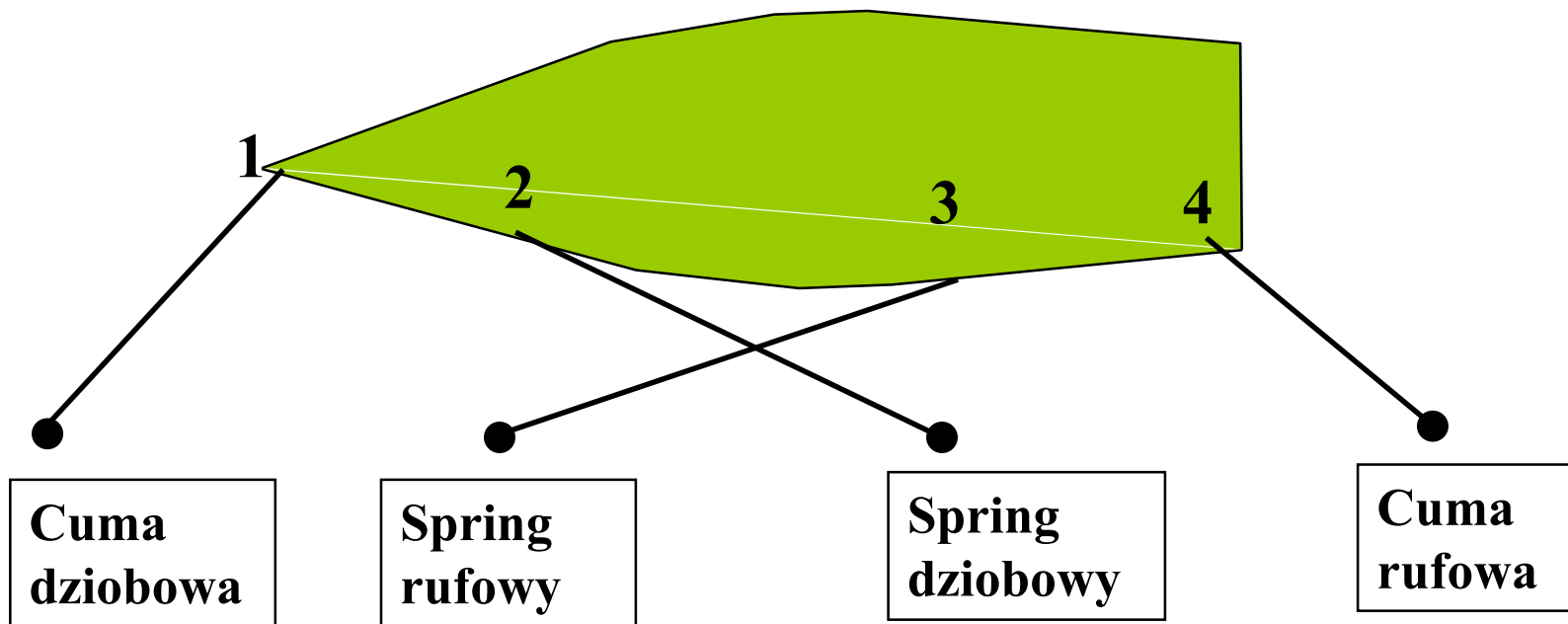
www.Full-Ahead.6r.pl

Podawanie rzutki cumowniczej

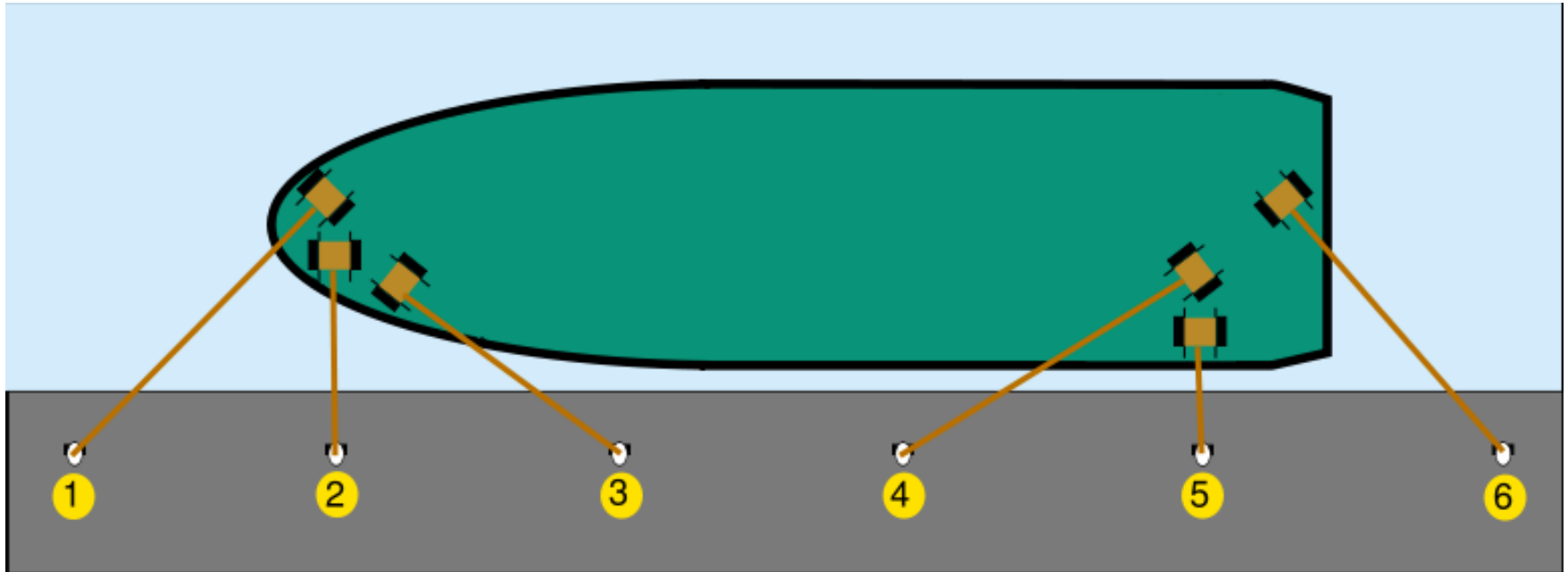


Od 1964 roku ten sposób podawania rzutki jest zabroniony. W wyniku wypadku i śmierci dowódcy ORP „Błyskawica”. W czasie alarmu manewrowego (podchodziły do siebie dwa okręty na redzie portu Gdynia). Rzutka cumownicza podawana z wyrzutni rakietowej trafiła w otwarty iluminator kabiny d-cy okrętu (w alarmie manewrowym wszystkie iluminatory muszą być zamknięte, jak również przedziały wodoszczelne), ciężko raniąc twarz dowódcy (rozszczepiona drewniana końcówka rakiety wyrwała szczękę). Przewieziony do szpitala zmarł po kilku dniach w wyniku komplikacji.

Liny cumownicze



Cumowanie



Liny cumownicze:

- (1) - cuma dziobowa; (2) - brest dziobowy; (3) - szpring dziobowy;
(4) - szpring rufowy; (5) - brest rufowy; (6) - cuma rufowa

Holowniki



Holowniki portowe - redowe

Wymiary dochodzą do 40 metrów, moce napędu głównego przeciętnie wynoszą $750 \div 4000$ kW. Prędkość pływania swobodnego mieści się w granicach $10 \div 13$ węzłów zaś autonomiczność pływania $2 \div 4$ doby. Najczęściej spotykane pędniki na tego rodzaju jednostkach to śruby o skoku nastawnym bądź w dyszy Korta, pędniki azymutalne lub Voith - Schneidera

Holownik portowo redowy Tap Mun ($L=25.40$ m, $B=8.50$ m, $N=2650$ kW, $Z=45.45$ T, pędnik azymutalny)

Jednostki tego typu mają za zadanie wprowadzać i wyprowadzać statki z portów lub terminali przeładunkowych oraz pomagać w bezpiecznym poruszaniu się wewnątrz nich.

Wymagania klasyfikacyjne

4 URZĄDZENIA CUMOWNICZE

4.1 Wymagania ogólne

4.1.1 Każdy statek należy wyposażać w urządzenie cumownicze zapewniające możliwość dociągania statku do nabrzeży lub przystani pływających i należytego przycumowania podczas normalnych operacji cumowania.

Tabela 4.1.2

Wyposażenie cumowniczo-holownicze

Wskaźnik wyposażenia	Lina holownicza		Liny cumownicze		
	Długość, [m]	Rzeczywista siła zrywająca, [kN]	Liczba	Długość liny, [m]	Rzeczywista siła zrywająca, [kN]
1	2	3	4	5	6
50–70	180	98	3	80	34
71–90	180	98	3	100	37
91–110	180	98	3	110	39
111–130	180	98	3	110	44
131–150	180	98	3	120	49
151–175	180	98	3	120	54

Wymagania klasyfikacyjne

4.2.1 Liny cumownicze

4.2.1.1 Liny cumownicze mogą być stalowe albo z włókien roślinnych lub syntetycznych. Niezależnie od wielkości siły zrywającej wynikającej z tabeli 4.1.2, liny cumownicze z włókien roślinnych i syntetycznych powinny mieć średnicę co najmniej 20 mm.

4.2.6 Wciągarki cumownicze

4.2.6.1 Do wybierania lin cumowniczych można stosować zarówno specjalnie do tego celu przeznaczone mechanizmy cumownicze (kabestany, wciągarki), jak i inne mechanizmy pokładowe (wciągarki kotwiczne, ładunkowe itp.) mające bębny cumownicze.

Podstawowe elementy wyposażenia cumowniczego

Wyposażenie to składa się z:

- lin cumowniczych
- pachołków (polerów) cumowniczych,
- przewłok cumowniczych,
- kluz,
- wciągarek cumowniczych.



Liny cumownicze

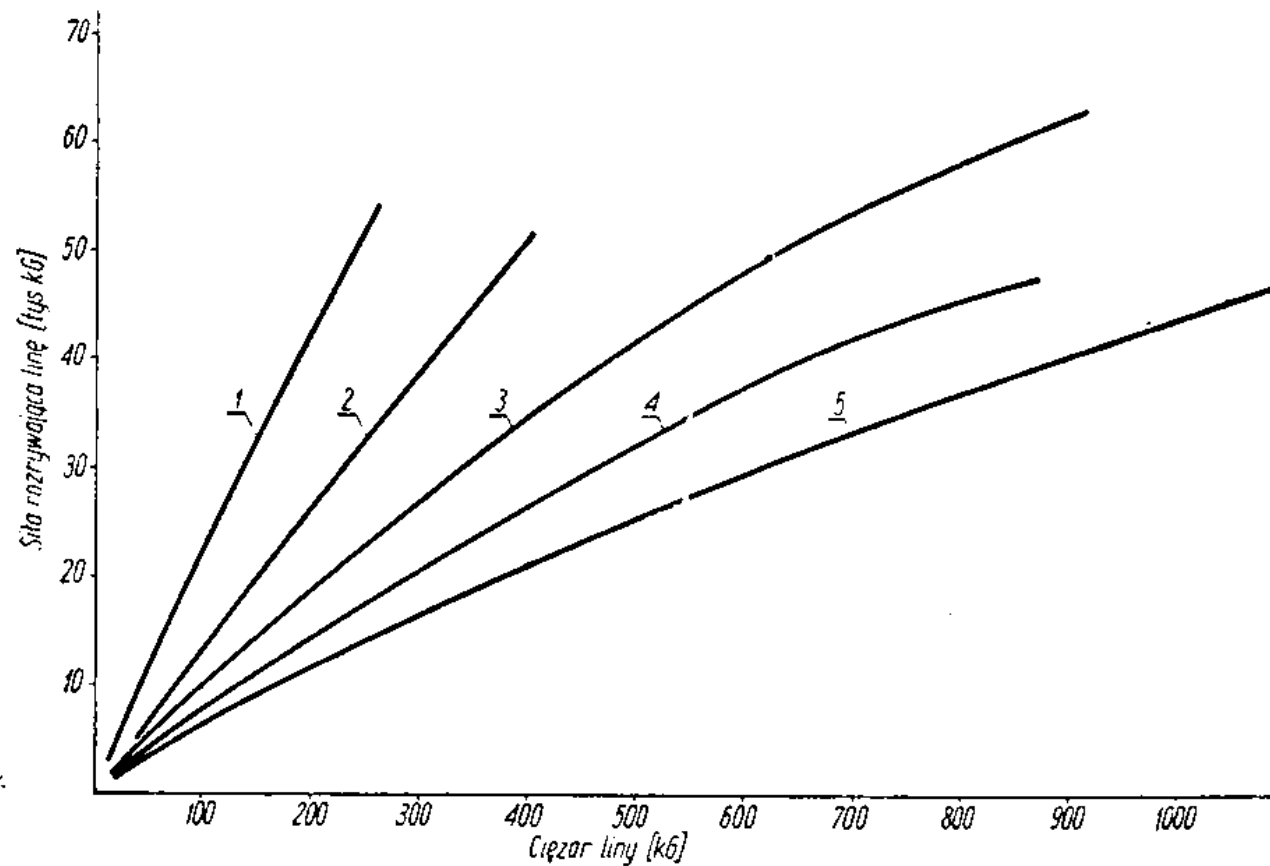
Liny cumownicze przeważnie są stalowe, stosowane są również liny z włókien roślinnych – **konopne**, **manilowe** i **sizalowe** oraz z włókien sztucznych.

4.2.1.2 Liny stalowe powinny być konstrukcji elastycznej, przy czym lina stalowa powinna zawierać nie mniej niż:

- 72 druty stalowe w sześciu splotach z siedmioma rdzeniami wykonanymi z włókna – gdy rzeczywista siła zrywająca nie przekracza 216 kN;
- 144 druty stalowe w sześciu splotach z siedmioma rdzeniami wykonanymi z włókna – gdy rzeczywista siła zrywająca jest większa niż 216 kN, lecz nie przekracza 490 kN;
- 216 drutów stalowych w sześciu splotach z jednym rdzeniem z włókna – gdy rzeczywista siła zrywająca jest większa niż 490 kN.

4.2.1.3 Liny z włókna roślinnego powinny być wykonane z manili lub sizalu. Na statkach o wskaźniku wyposażenia nie przekraczającym 205 można stosować liny konopne. Na statkach o wskaźniku wyposażenia większym niż 205 stosowanie lin konopnych podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS. Wszystkie pozostałe własności lin roślinnych powinny odpowiadać wymaganiom rozdziału 22 z Części IX – *Materiały i spawanie*.

Liny cumownicze



Rys. 4.3. Porównanie wytrzymałości i ciężarów lin

1 — lina z włókien sztucznych; 2 — lina stalowa; 3 — lina manilowa; 4 — lina szałowa; 5 — lina konopna

Polery (pachołki) cumownicze

Służą do zamocowania (obłożenia) lin cumowniczych.

Wyróżnia się szereg odmian:

- podwójne proste gładkie,
- podwójne proste krzyżowe,
- pojedyncze gładkie,
- pojedyncze krzyżowe
- inne

Pachołki spawa się zwykle do pokładu, który musi mieć w tym obrębie odpowiednie wzmocnienie.

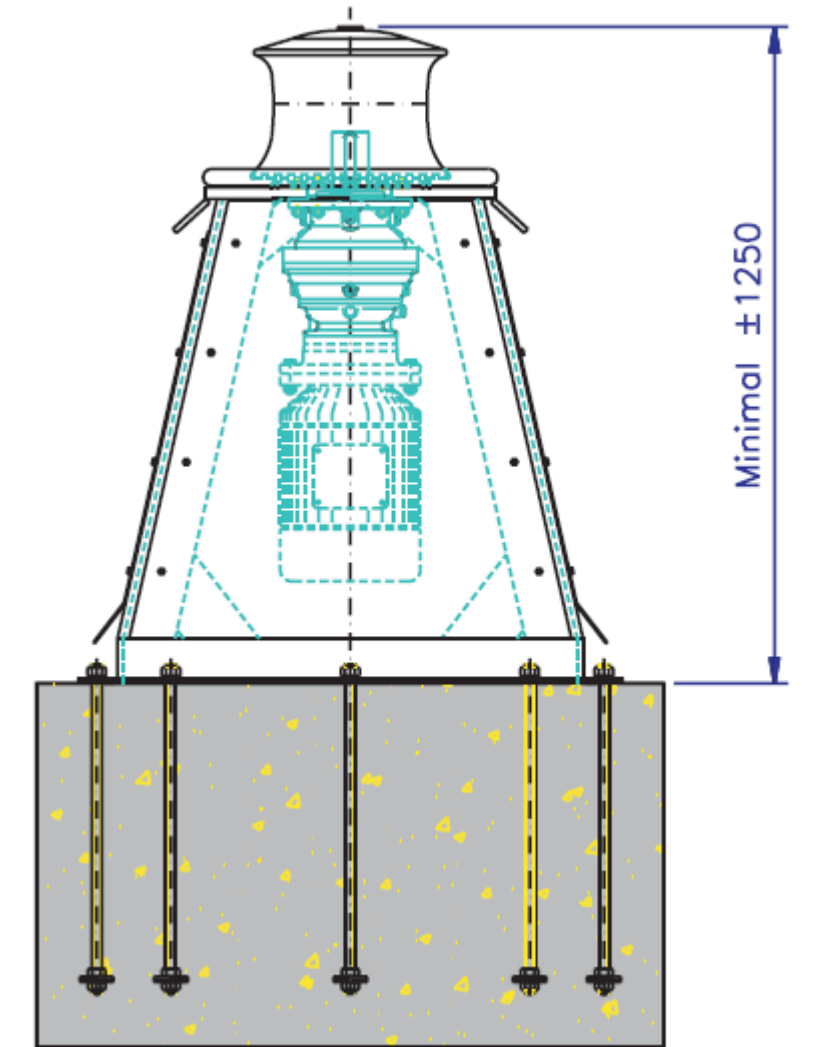
Pachołki dobiera się z norm według średnic lin, dla których są przeznaczone.



Pacholki cumownicze



Windy cumownicze (kabestany)



Windy cumownicze (kabestany)



Spill. (st. niem.) - kabestan



Szpil – handszpaki (szpilszpaki)

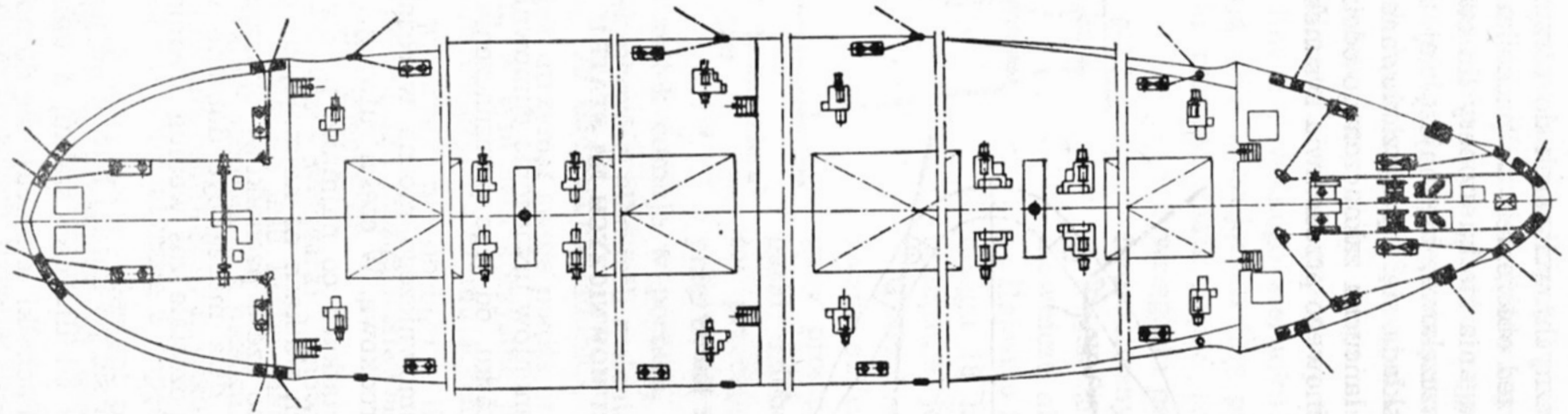
Windy cumownicze (kabestany)



Kluzy i przewłoki



Rozmieszczenie urządzeń cumowniczych na statku



Rys. 4.26. Przykład rozmieszczenia wyposażenia cumowniczego na statku morskim średniej wielkości

Wposażenie holownicze



Wyposażenie holownicze

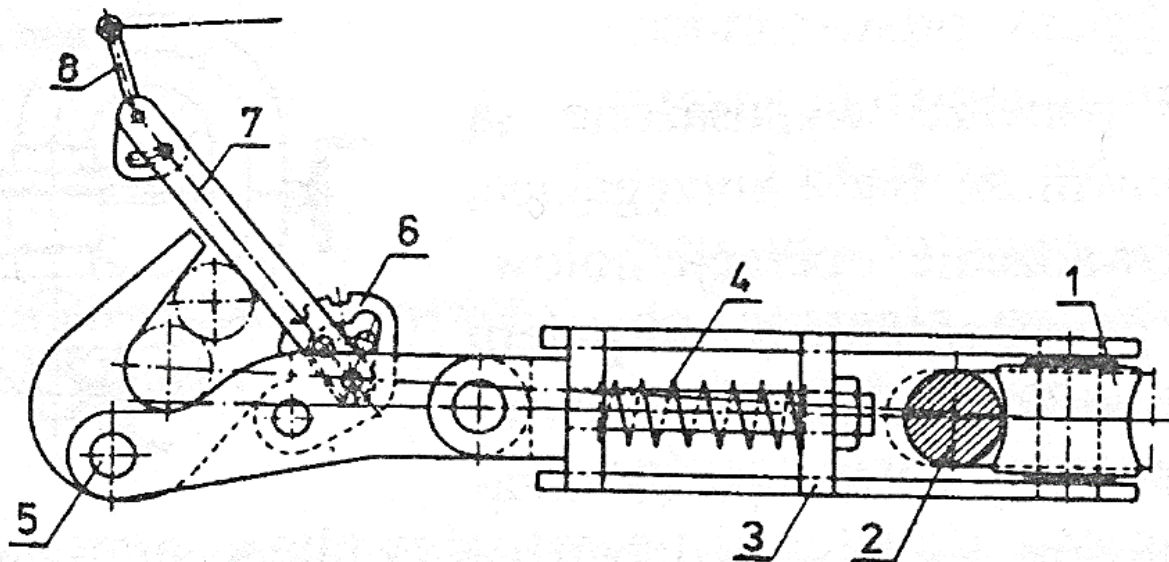
Niezbędnymi elementami wyposażenia są urządzenia holownicze takie jak **haki** i **wciągarki holownicze**.

Pierwsze z nich stosowane są na małych jednostkach. Służą do zaczepiania holu, zwykle posiadają sprężynę amortyzującą szarpnięcia oraz urządzenie zwalniające, które umożliwia rzucenie holu.

Wciągarki holownicze cechuje solidna wytrzymała konstrukcja odpowiednia do ich charakterystyk oraz właściwości, dla jakich zostały zaprojektowane. Posiadają mechanizm ustalania uciągu umożliwiający regulację wciągarki na określone obciążenie w czasie holowania. Gdy wystąpi przeciążenie następuje automatyczne wydanie holu, co zmniejsza szarpnięcia. Posiadają napędy elektryczne, hydrauliczne lub elektryczno-hydrauliczne.

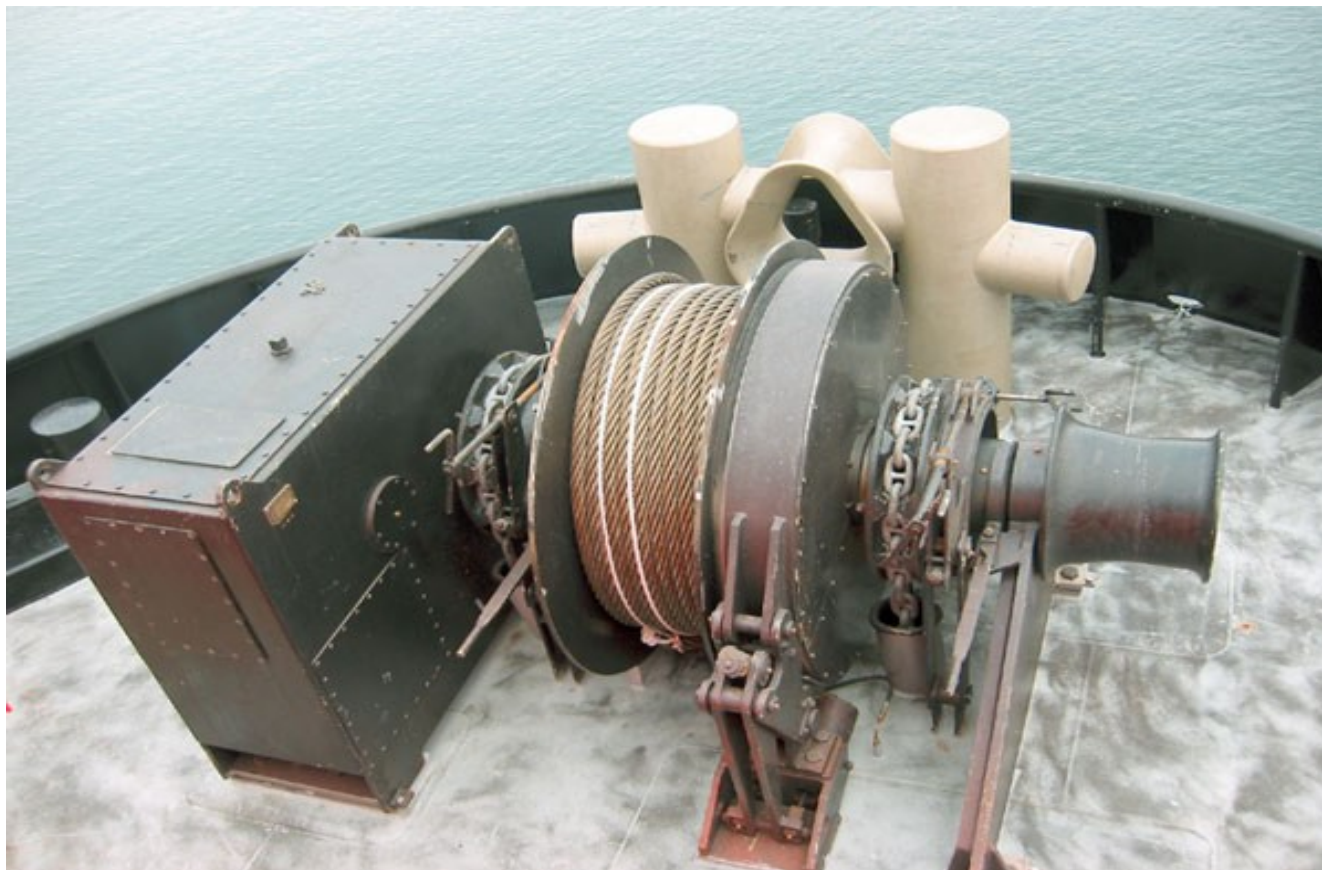
Na holownikach wielozadaniowych często spotykane są wciągarki holowniczo – kotwiczne pomocne przy operacjach mocujących jednostki wiertnictwa morskiego.

Wyposażenie holownicze



Rys. 2.36. Hak holowniczy zamknięty z amortyzatorem i z urządzeniem do zdalnego zwalniania liny; 1 – rolka, 2 – hak wodzący, 3 – obejmą, 4 – sprężyna amortyzatora, 5 – oś obrotu haka, 6 – elementy regulujące, 7 – dźwignia, 8 – dźwignia linki zwalniającej

Wyposażenie holownicze



Wciągarka holowniczo-kotwiczna firmy Dutch Marine Trading typ 211-H26 o uciagu 200 kN

Wyposażenie holownicze

Nowatorskim urządzeniem jest „**carrousel ring**”, który umożliwia hakowi lub wciągarni holowniczej pełny obrót bez ograniczeń. Dodatkowo operacja holowania może być bez ograniczeń zmieniana z dziobu na część rufową i odwrotnie.





POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA

KATEDRA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH



SYSTEMY DYNAMICZNEGO POZYCJONOWANIA JEDNOSTEK PŁYWAJĄCYCH

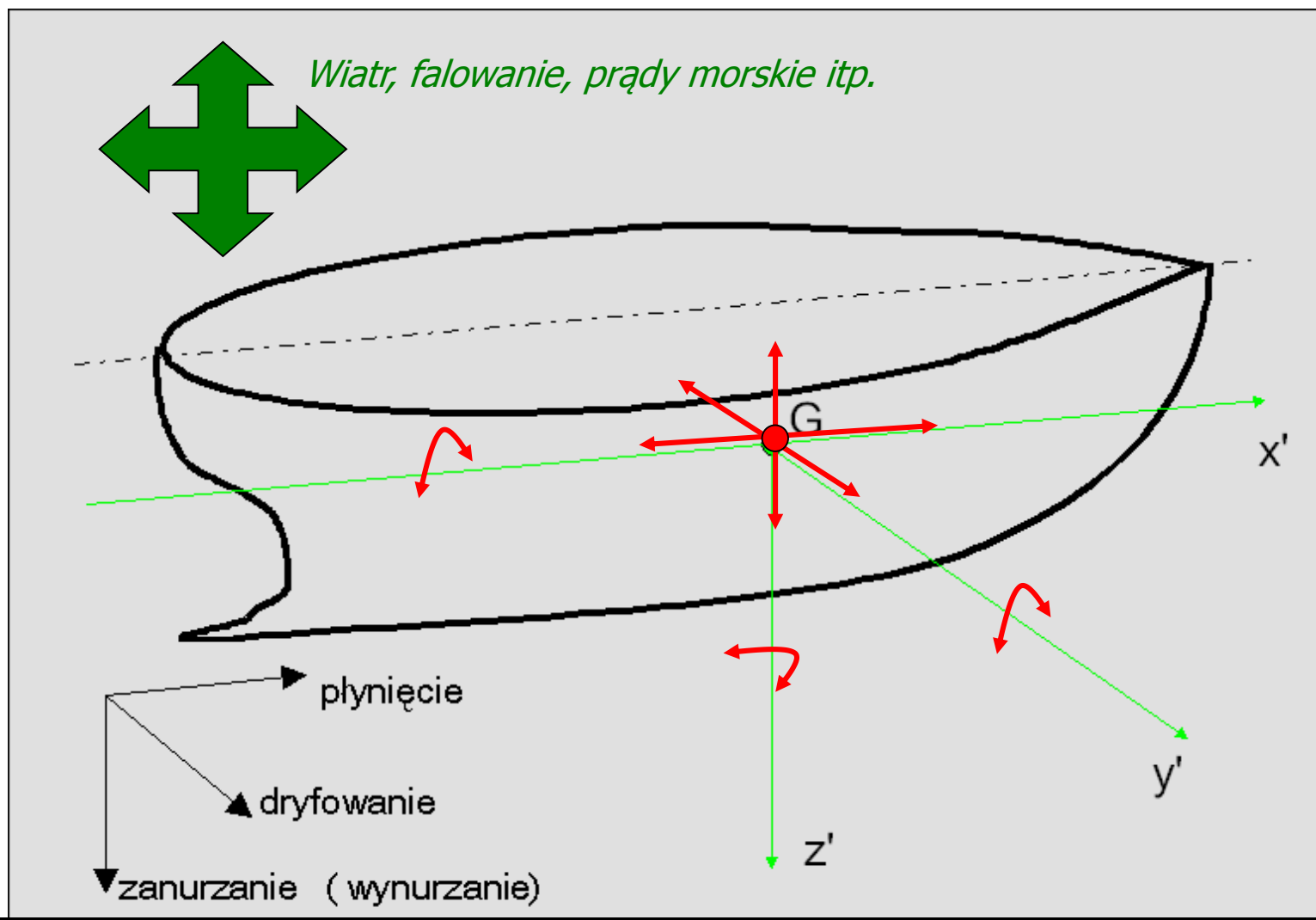
Zagadnienia

- Wprowadzenie – pozycja statku i jej zmiany, konieczność utrzymania pozycji, pozycjonowanie statyczne, ogólna zasada systemu pozycjonowania dynamicznego, zakres zastosowań.
- Klasyfikacja systemów DP – zasada działania
- Uregulowania klasyfikacyjne.
- Ogólna budowa i podstawowe elementy systemów DP.
- Przykłady rozwiązań na statkach różnych typów

Materiały

1. Balcerski A., Bocheński D.: Układy technologiczne i energetyczne jednostek oceanotechnicznych. Wydawnictwo PG, Gdańsk 1998.
2. Guide to Dynamic Positioning of Vessels. ALSTOM 2000.
3. Wiewióra A., Wesołek Z., Puchalski J.: Ropa naftowa w transporcie morskim. Trademar Gdynia 2007.
4. http://www.dosecc.org/html/dynamic_positioning_system.html
5. http://www.hornbeckoffshore.com/vessel_osv_dp.html
6. <http://www.offshore-technology.com/contractors/power/alstom2/>
7. <http://www.km.kongsberg.com>

Utrzymanie pozycji statku



Utrzymanie pozycji (kursu) statku

Szczególnie istotne na następujących typach statków:

- statki wiertniczne
- kablowce
- dźwigi pływające
- statki pasażerskie
- platformy wiertniczne
- statki przeznaczonych do magazynowania i wstępnego przetwarzania ropy naftowej
- statki badawcze
- zbiornikowce dowozowe
- statki obsługi platform wiertniczych i inne

Utrzymanie pozycji (kursu) statku

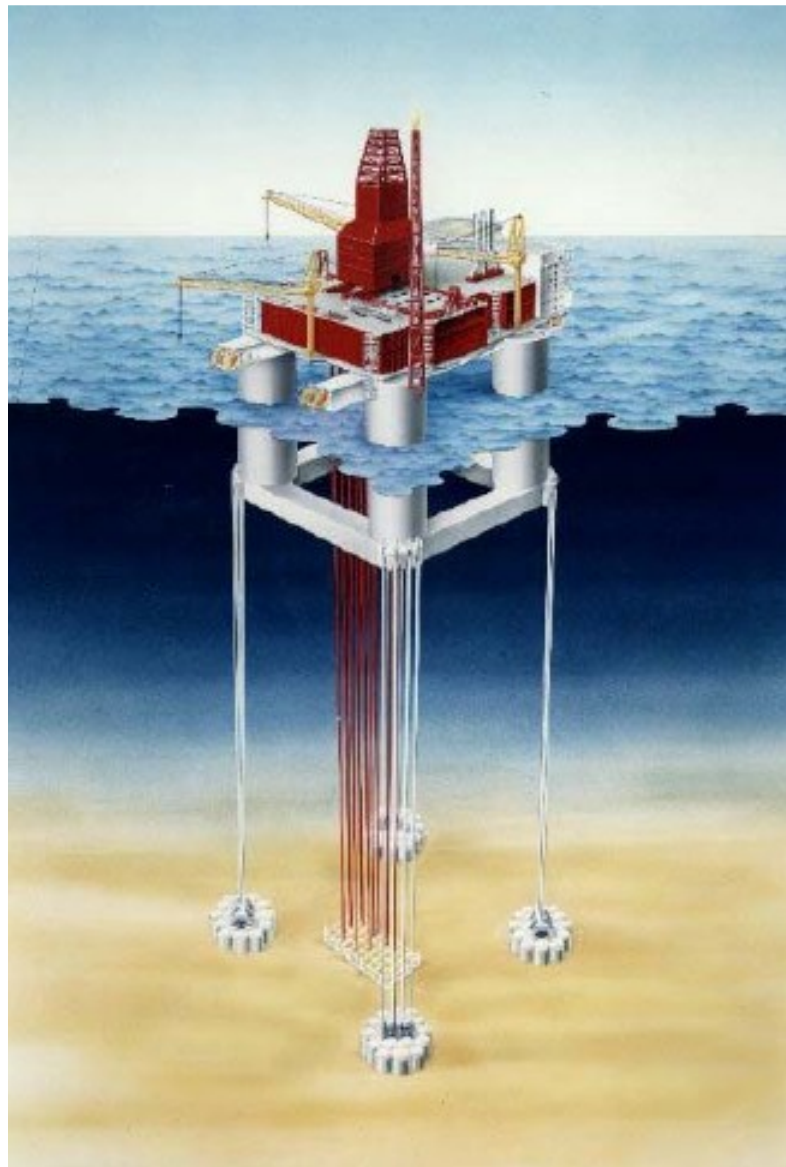


Platformy wiertnicze

Platformy wiertnicze samopodnośne (*jack-up rigs*) są holowane do miejsca wiercenia, gdzie ich stalowe podpory są opuszczane na dno morskie i platforma jest podnoszona nad poziom morza, powyżej charakterystycznej dla danego akwenu wysokości falowania. Tego typu platformy są stosowane na głębokościach od 100m do 150m.



Platformy wiertnicze



Platformy ciągnowe (*Tension Leg Platform- TLP*) są przymocowane linami stalowymi do betonowych kotwic umieszczonych na dnie morskim, dokładnie pionowo pod platformą. Taki system kotwiczenia umożliwia wykorzystanie platform TLP do wierceń na znacznych głębokościach.

Obecnie platformy TLP mogą być przystosowane do pracy na akwenach o głębokości do 2000 m.

Platformy TLP składają się z platformy nadwodnej, połączonej kolumnami nośnymi z wypornościowym podwodnym pontonem. Ponton podwodny z reguły tworzy zamknięty wielobok. Cechą charakterystyczną platform

TLP jest pionowy ciągnowy system kotwiczenia (pozycjonowania). Każda narożna kolumna nośna połączona jest kilkoma (najczęściej 3-6) ciągnami z płytami fundamentowymi osadzonymi na dnie morza.

Pozycjonowanie statyczne

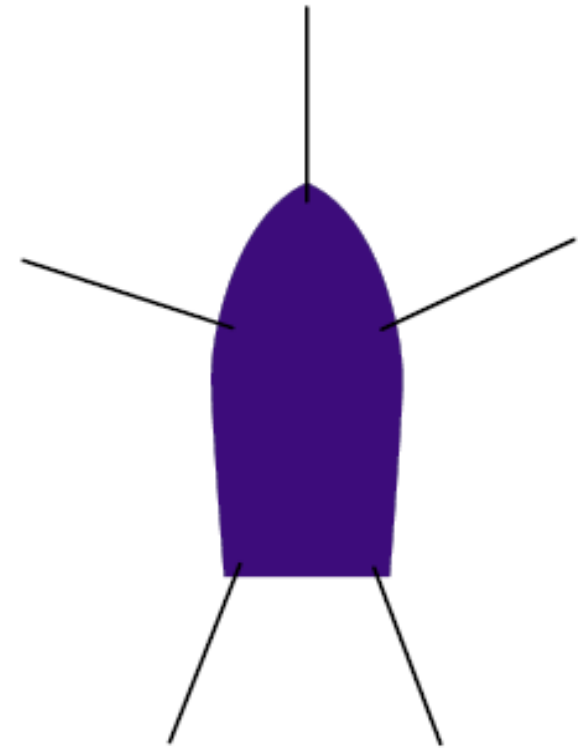
System pozycjonowania statycznego –

wykorzystanie szeregu kotwic, służących do utrzymywania pozycji jednostki lub do jej powolnego przemieszczania.

Przeciwdziałanie czynnikom zewnętrznym realizowane jest poprzez kompensacje długości liny danej kotwicy.

Alternatywa przesuwania kotwic nie była praktyczna z co najmniej dwóch względów.

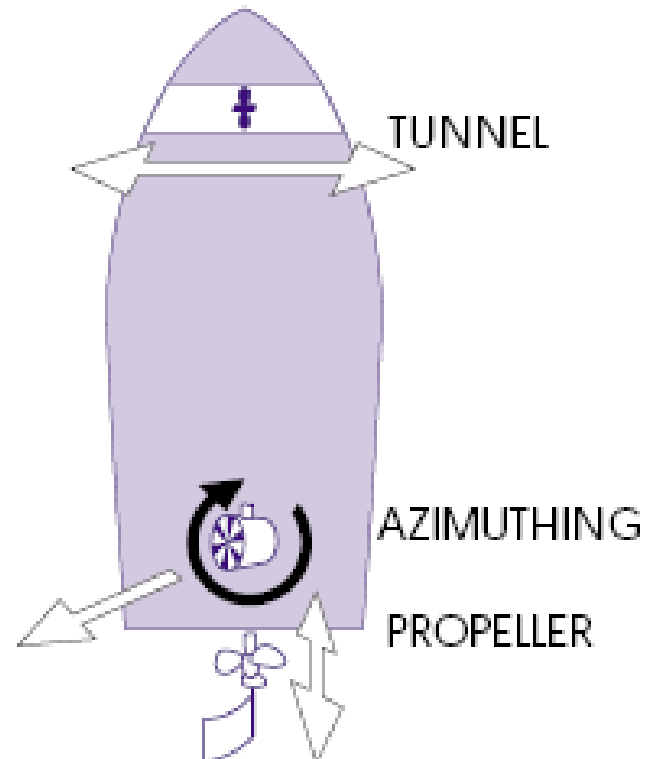
- po pierwsze: nagłe oderwanie kotwicy od dna morskiego mogło spowodować dodatkowe niepożądane kołysania statku;
- po drugie: długość łańcucha kotwicznego uzależniona jest od głębokość morza.



Pozycjonowanie dynamiczne

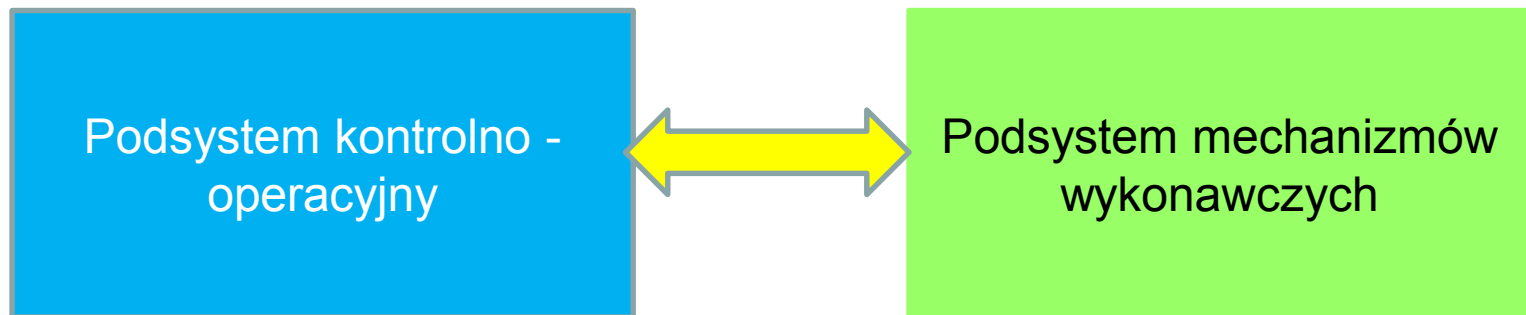
System dynamicznego pozycjonowania jest

- oparty na technice komputerowej i służy do:
- utrzymywania statku na określonej pozycji operacyjnej;
 - przemieszczania statku z jednej pozycji do innej z zachowaniem określonej (niewielkiej) prędkości;
 - sterowania pozycją, prędkością i kursem statku w trakcie czynności operacyjnych.



Pozycjonowanie dynamiczne

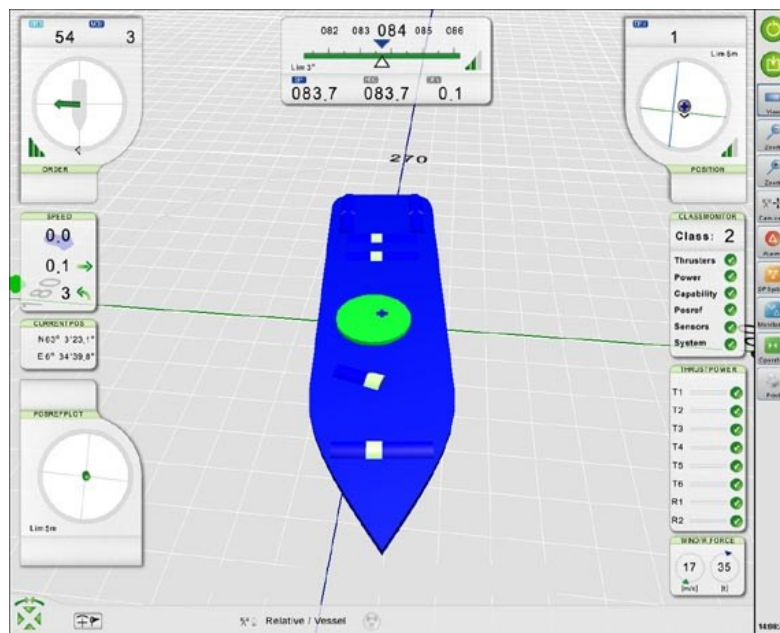
System Dynamicznego Pozycjonowania - jest wielostronnym systemem sterowania ze **sprężeniem zwrotnym**. Najważniejszą funkcją regulującego systemu jest utrzymywanie statku w konkretnej pozycji, lub też na wyszczególnionym szlaku przy określonym kursie w granicach tolerancji. Wobec tego system **DP** składa się z dwóch podstawowych podsystemów:



Podsystem kontrolno - operacyjny

Spełnia dwie odrębne funkcje:

- zmierzenie odchylenia statku od jego docelowej pozycji i ocena (obliczenie siły potrzebnej do przywrócenia statku do wymaganej pozycji);
- zmierzenie czynników zewnętrznych działających na statek i ocena (obliczenie siły potrzebnej do przeciwdziałania ich skutkom);
- sterowanie pracą podsystemu mechanizmów wykonawczych.

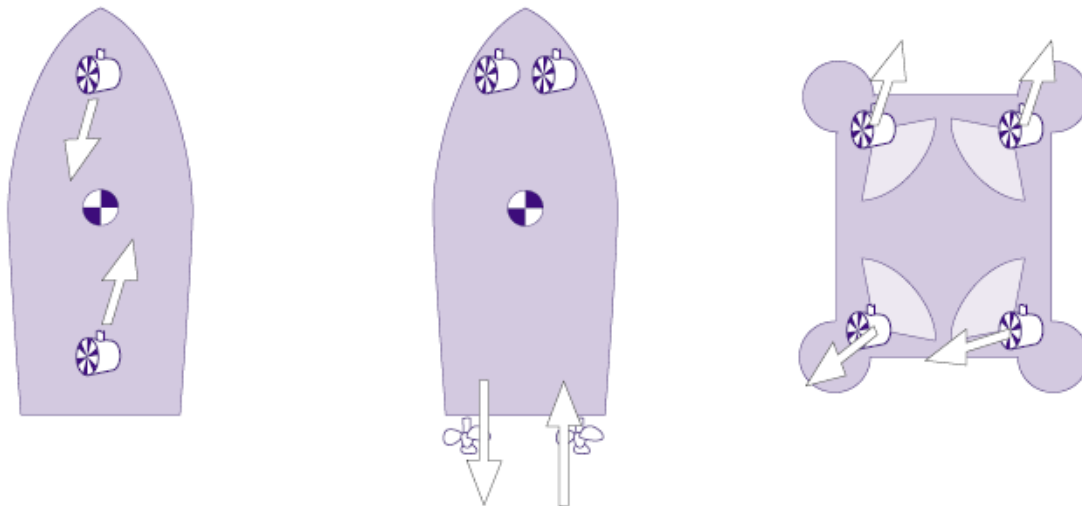


Podsystem mechanizmów wykonawczych

Układ napędowy statku wraz z dodatkowymi pędnikami i urządzeniami sterowymi, których zadaniem jest wytworzenie odpowiednio ukierunkowanych oraz odpowiedniej wartości sił działających na kadłub statku w celu jego prawidłowego zorientowania w przestrzeni.

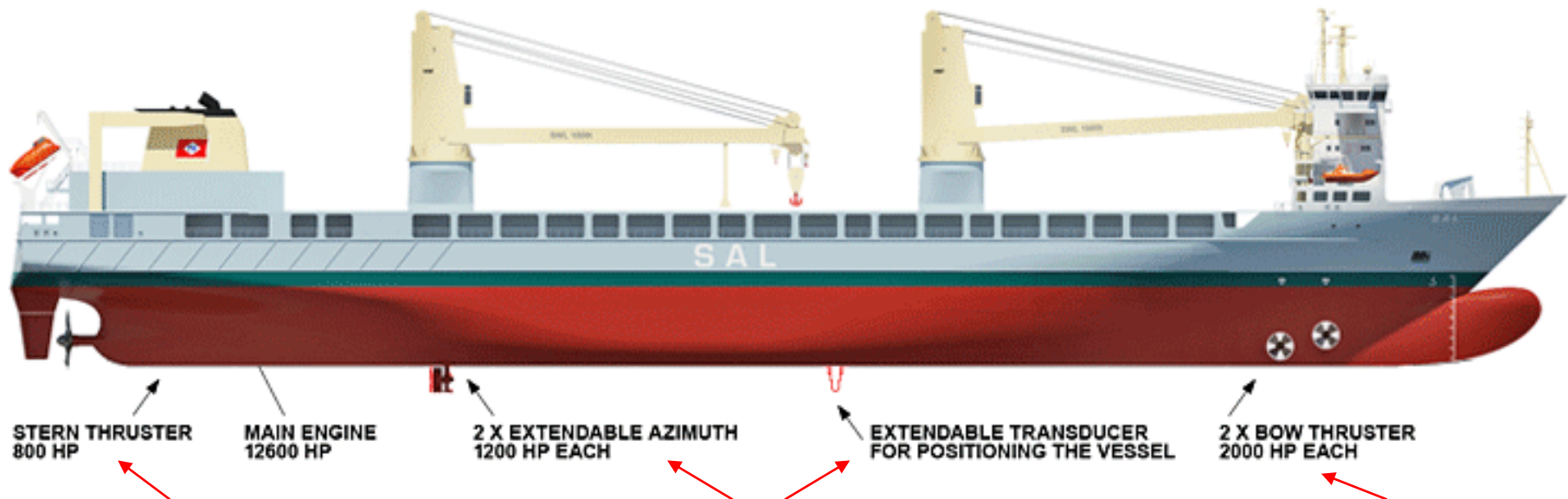
Statki wyposażone w system dynamicznego pozycjonowania mają **silnik główny, śrubę (niekiedy dwie śruby) oraz stery główne a także od 2 do 5 sterów strumieniowych.**

Śruby napędu głównego często są umieszczone **w dyszach**, co gwarantuje większy napór przy tej samej mocy silnika. W najnowszych rozwiązaniach stosowane są również **pędniki azymutalne** zwiększające manewrowość.



Podsystem mechanizmów wykonawczych

ENGINE ARRANGEMENTS TYPE 179 FOR DP2 CLASS



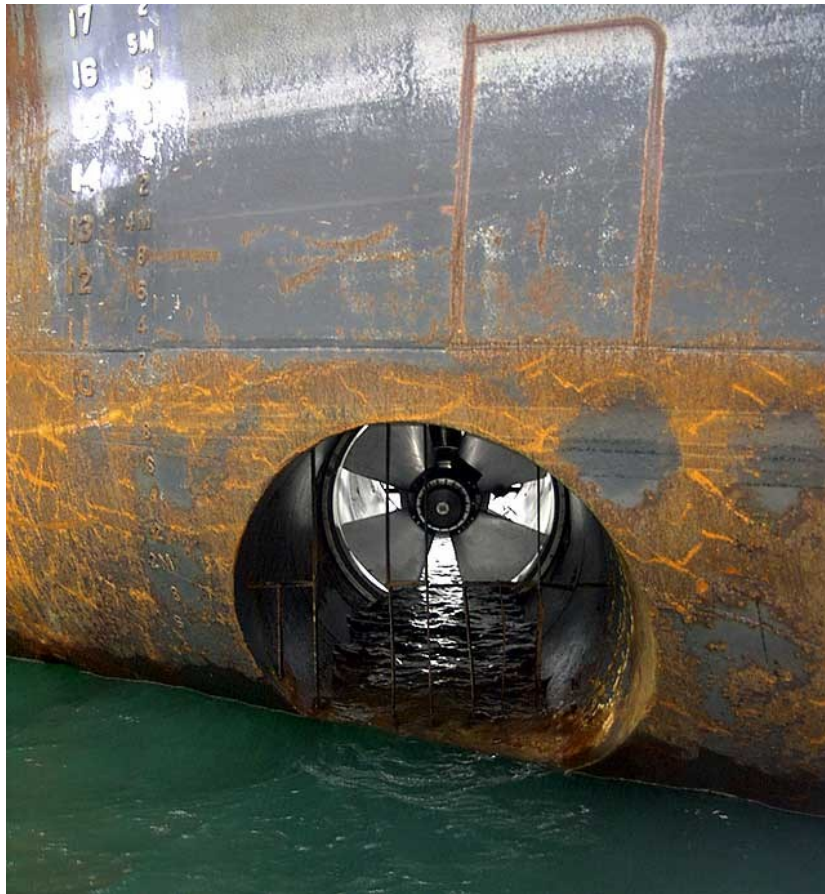
pędnik rufowy

urządzenia wysuwane

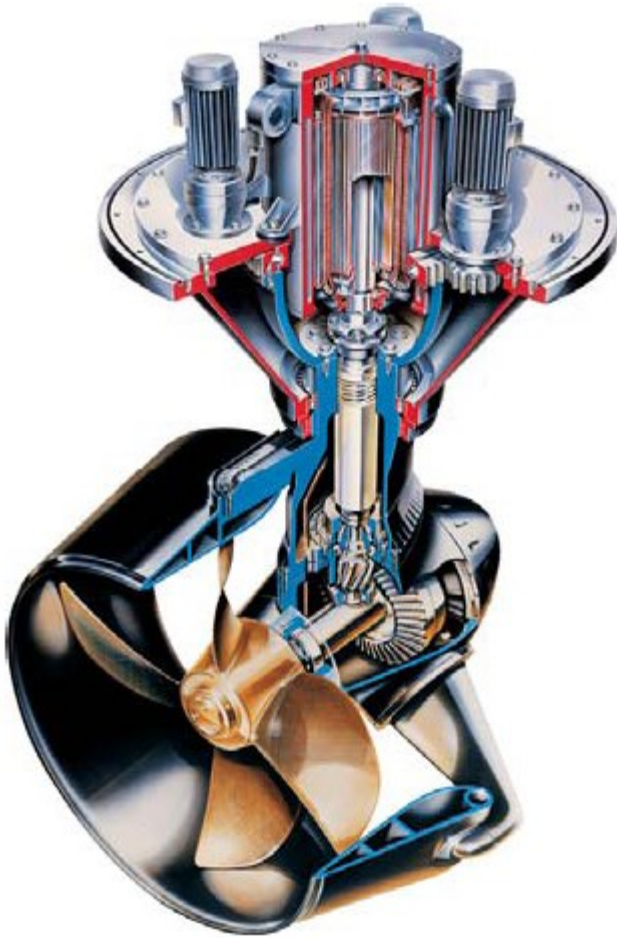
- pędniki azymutalne,
- przetworniki systemu DP.

pędnik dziobowy

Stery strumieniowe



Pędniki azymutalne



Platformy wiertnicze

Platformy półzanurzeniowe (*semi- submersible rigs*)

składają się z platformy wspartej na kolumnach wznoszących się nad kesonem zanurzonym dostatecznie głęboko, aby w minimalnym stopniu ulegał on efektowi falowania i rozkołysu.

Platformy półzanurzeniowe wyposażone są w układ

pozycjonowania statycznego-kotwicznego (zawsze) oraz układ pozycjonowania dynamicznego (często).

Układ DP służy dodatkowo do przemieszczania się platformy.

Wyporność ich przekracza 25000 ton i są stosowane do wierceń na głębokościach do 1000m.

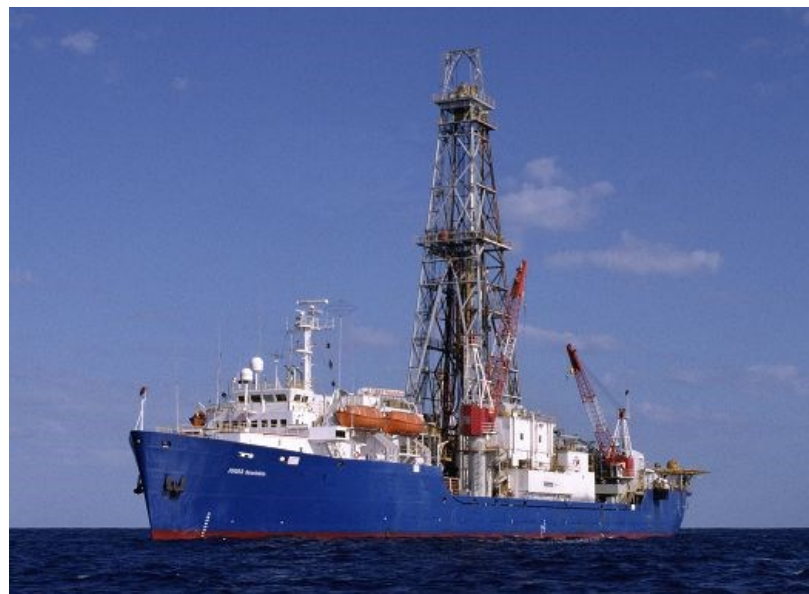
Keson (fr. *caisson*) - skrzynia stalowa lub żelbetowa, z której po zatopieniu (np. w rzece) dnem do góry usuwa się wodę za pomocą sprężonego powietrza, połączona z atmosferą poprzez służę powietrzną, służąca do prowadzenia w niej prac hydrotechnicznych na dnie zbiorników wodnych. Pierwsze urządzenie zapewniające długotrwały dostęp do dna (choć na niewielkich głębokościach). Ze względu na brak dekompresji u ludzi pracujących w kesonach rozwijała się **choroba kesonowa**.



Statki wiertnicze

Są to statki o nośności do ok. 14 000 DWT, długości ok. 130 m, osiągające prędkość do 14 w.

Na śródkręciu statku ustawiona jest wieża, a na jego rufie pokład helikopterowy. Przy wierceniu na niewielkich głębokościach jednostki te zakotwiczone są na kilku kotwicach, natomiast na większych głębokościach (nawet do kilku tysięcy metrów) wykorzystuje się w system dynamicznego pozycjonowania.



Zbiornikowce dowozowe

Do przewozu ropy naftowej na **krótkich dystansach**, a zatem z **nieodległych wież wiertniczych i magazynów pływających do terminali lądowych i rafinerii** wykorzystuje się flotę specjalnej konstrukcji zbiornikowców tzw. „**dowozowców**” lub z ang. *Shuttle tankers*.

Ponieważ, na wolno stojący kadłub statku od strony dziobu, rufy, prawej i lewej burty działają czynniki zewnętrzne (prąd, wiatr, falowanie), które powodują ruch statku. W związku z tym jednostka narażona na takie działania musi posiadać urządzenia sterowo-napędowe przeciwdziałające odsunięciu z pożądanej pozycji.



Floating Production Storage Off-Loading (FPSO)

Statki **FPSO** należą do grupy pływających systemów eksploatacyjnych podmorskich złóż ropy naftowej.

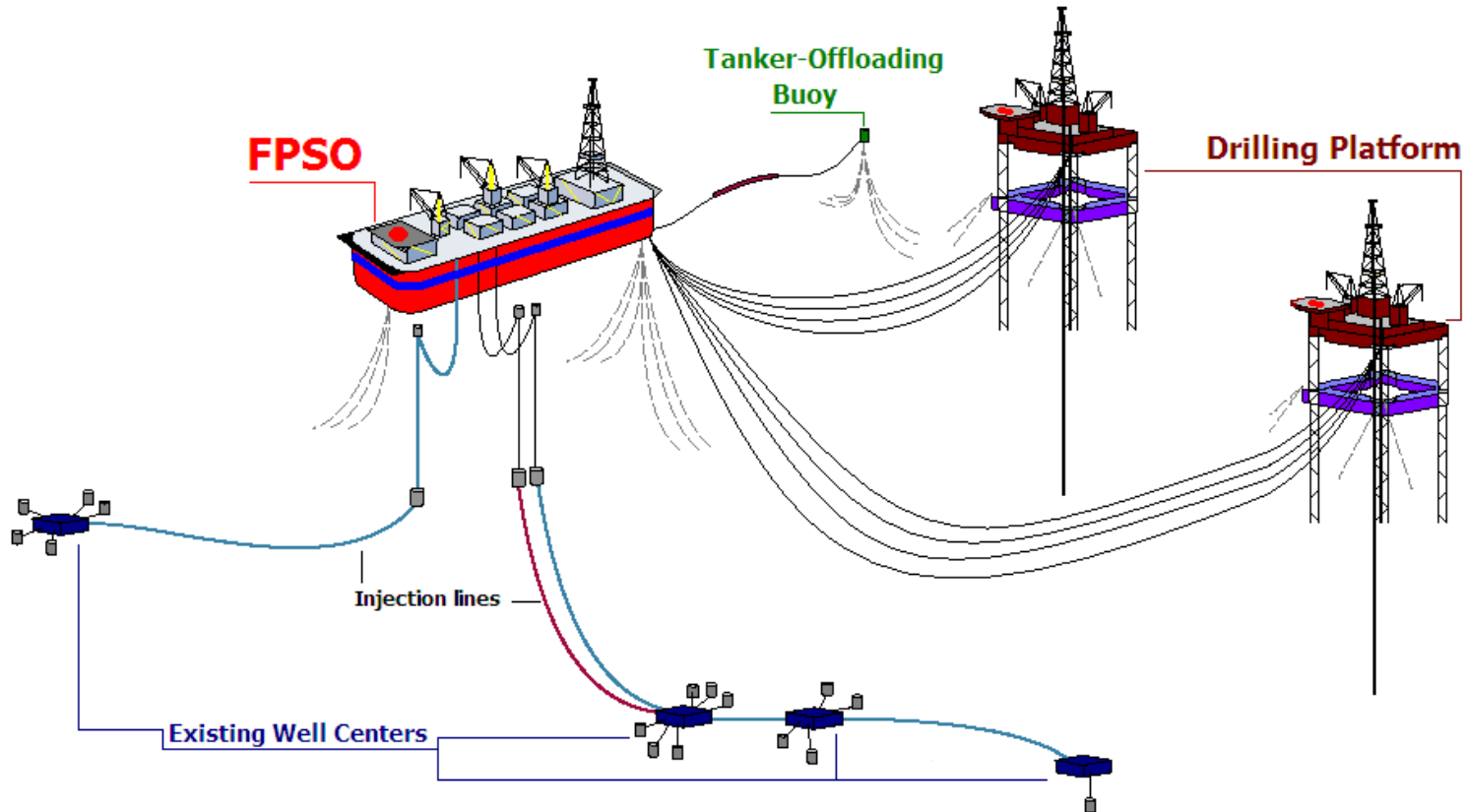
Statki **FPSO** przeznaczone są do eksploatacji głębokowodnych złóż ropy naftowej.

Przystosowane są do:

- wydobywania ropy naftowej, jej wstępnej przeróbki, polegającej na separacji od ropy gazu i wody,
- magazynowania ropy we własnych zbiornikach,
- ekspedycji ropy na zbiornikowce wahadłowe.



Floating Production Storage Off-Loading (FPSO)



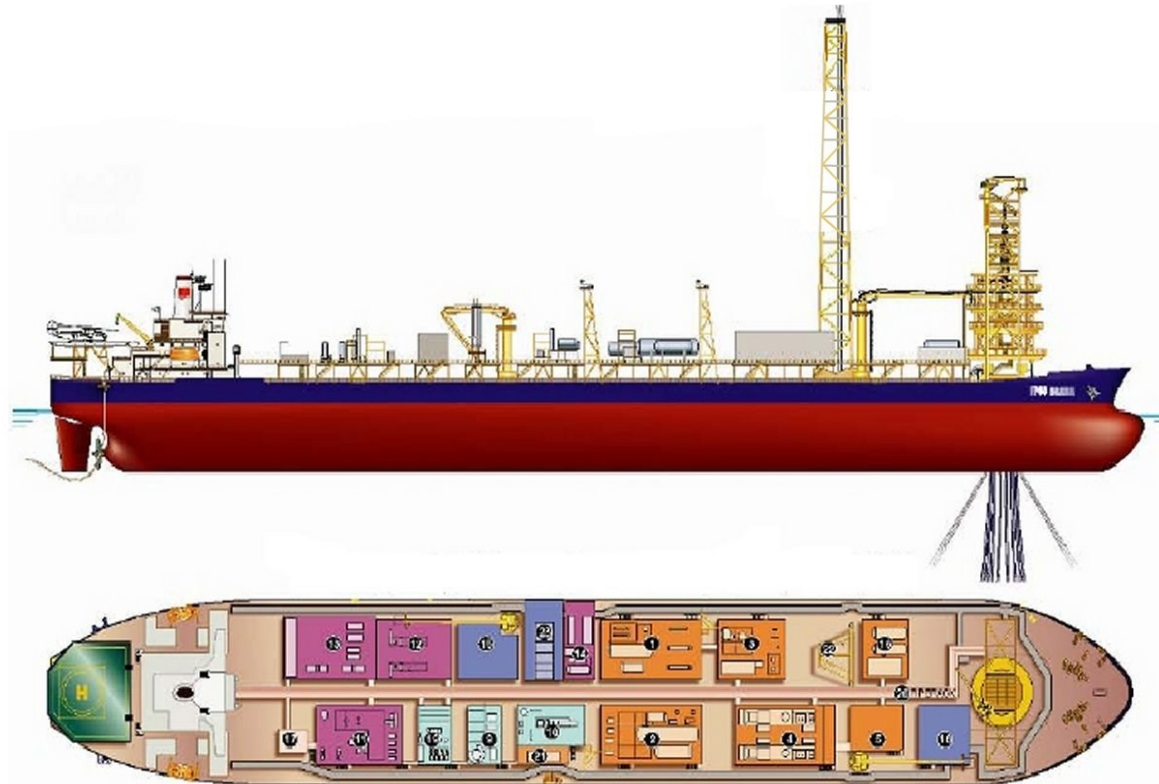
Magazyn pływający z platformą produkcyjną wyposażony dodatkowo w systemy przeładunkowe ropy naftowej na otwartym morzu.

Floating Production Storage Off-Loading (FPSO)

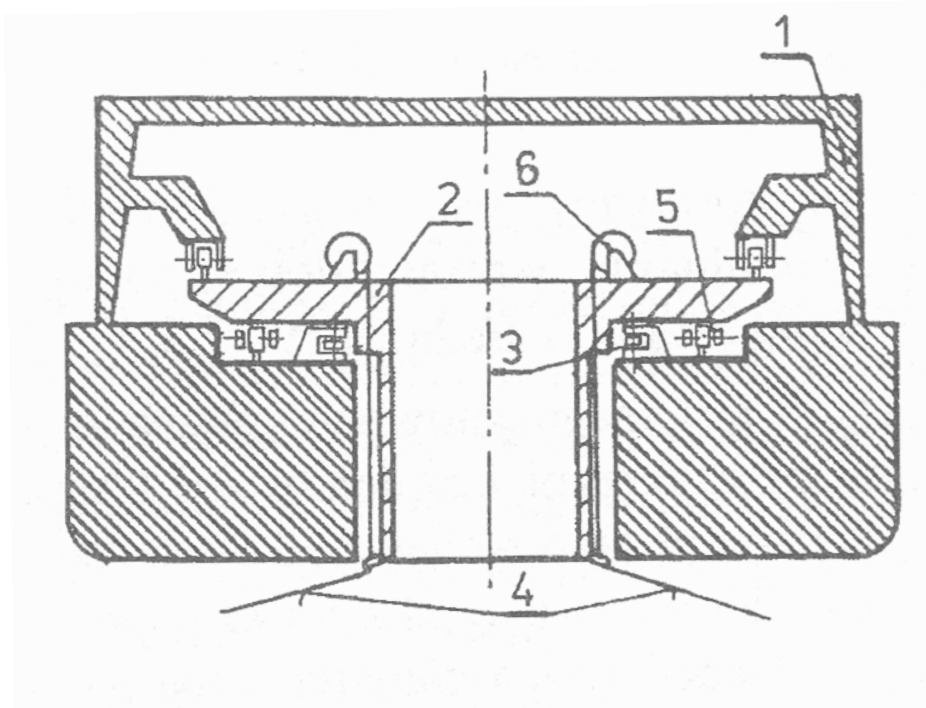
Statki FPSO pozycjonowane są przy wykorzystaniu systemu kotwicznego i wspomagane przez układ pozycjonowania dynamicznego.

Cechą charakterystyczną systemu kotwicznego jest **obrotnica kotwiczna (*turret*)**, zainstalowana w części środkowej kadłuba lub na dziobie.

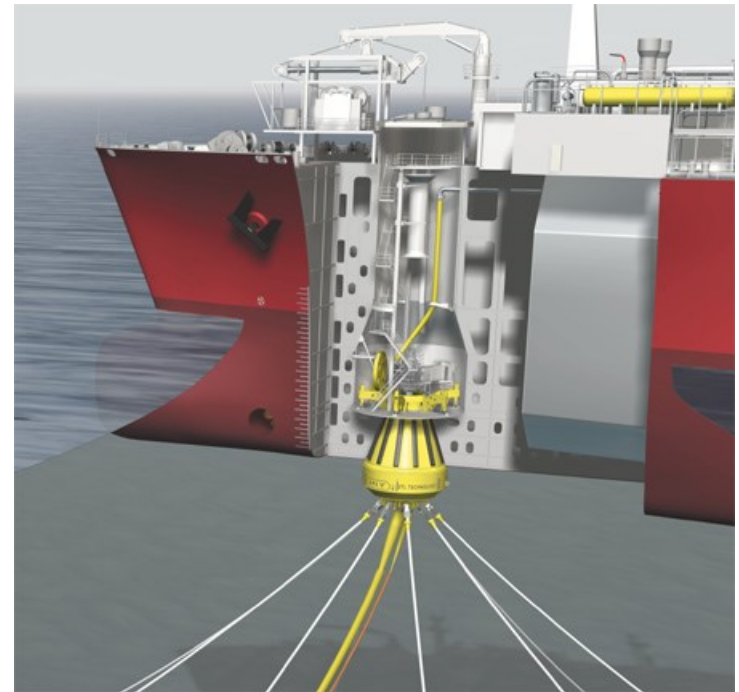
Wewnątrz obrotnicy często prowadzone są elastyczne rurociągi wydobywcze (***risery***).



Obrotnica kotwiczna - turret

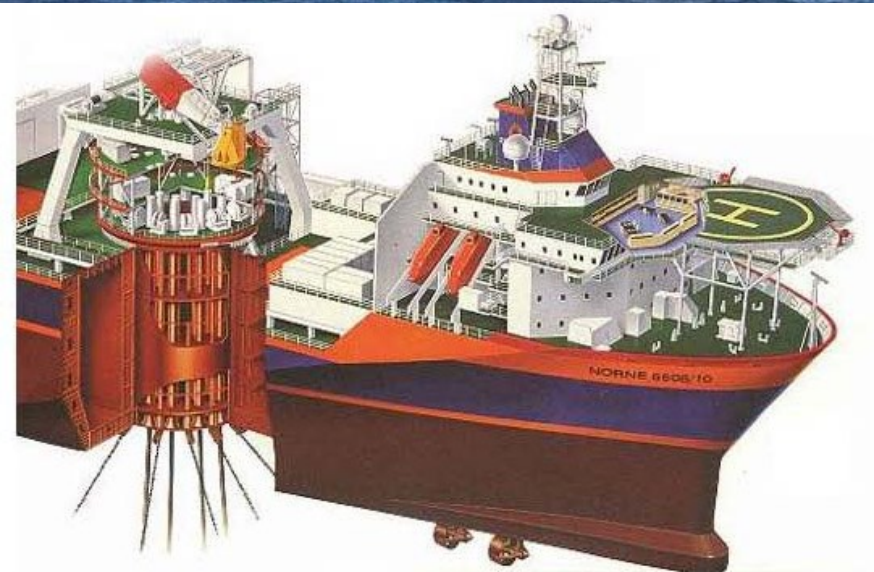
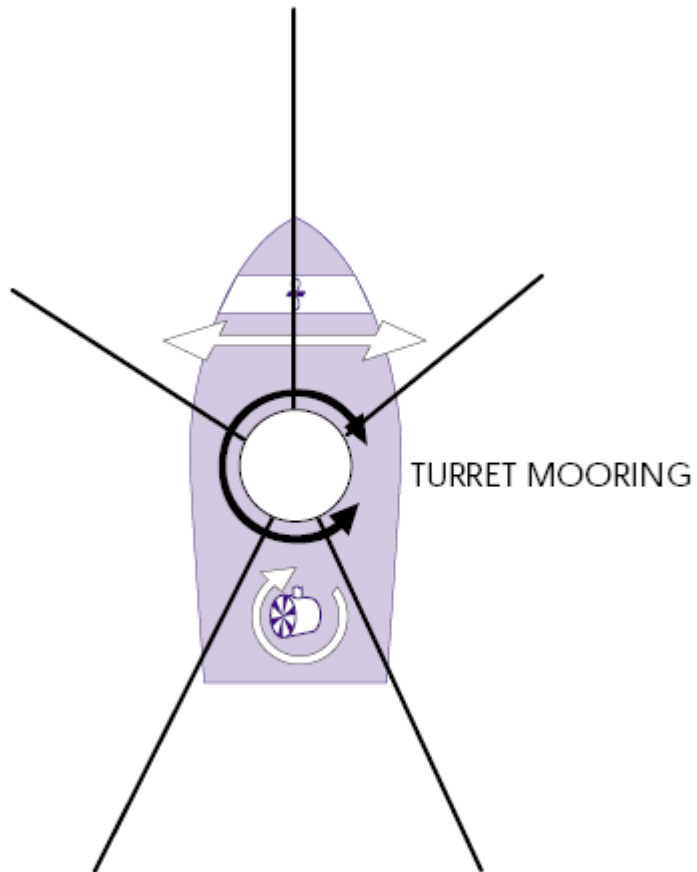


Obrotnica kotwiczna statku „Super Discoverer”:
1 – kadłub statku, 2 – wał obrotowy, 3 – krążek
przewodnicowy, 4 – ciągnio kotwiczne, 5 –
łożysko osiowe, 6 – wciągarka kotwiczna.



Statek bez zmiany pozycji może
dowolnie ustawić się w stosunku
do zmieniającego się kierunku
działania wiatru i fali.

Obrotnica kotwiczna - turret



Floating Storage Off - Loading (FSO)

Statki **FSO (Floating Storage and Offloading)** to pływające magazyny ropy naftowej. Najczęściej są to przebudowywane zbiornikowce, choć są i statki FSO nowobudowane. Statki FSO stosowane są głównie na złożach marginalnych o niewielkiej wydajności, na złożach, na których rozpoczęto dopiero eksploatację lub na złożach głębokowodnych, na których nie można zastosować platform stacjonarnych.



Dźwigi pływające

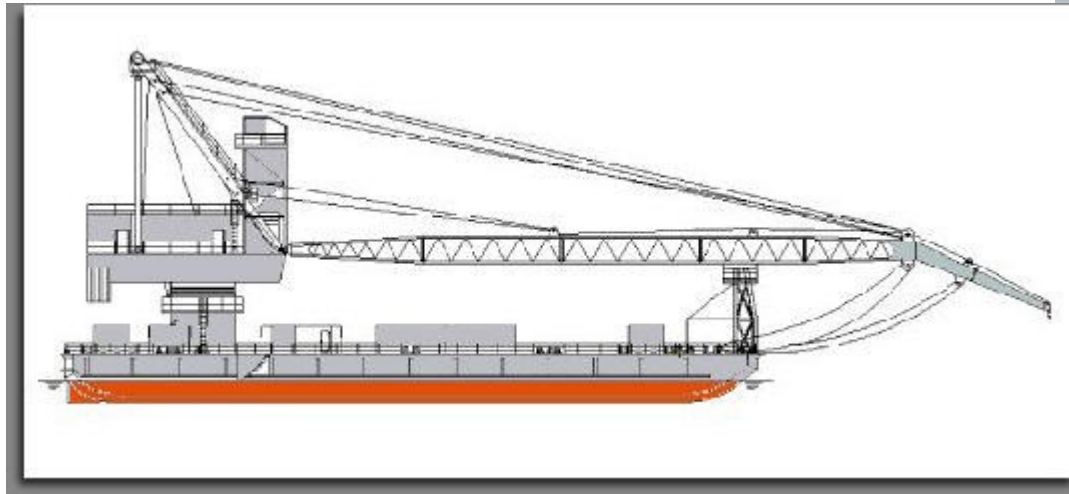
Dźwig pływający (crane ship)- statek z zamontowanym na jego pokładzie urządzeniem dźwigowym, przeznaczonym do wykonywania czynności ładunkowych. Kadłub w zasadzie pontonowy. Jednostka z napędem własnym lub bez napędu.

Prędkość pływania 3÷8 węzłów.

Główne zapotrzebowanie mocy podczas podnoszenia ładunku. Często dwie śruby napędowe, stery strumieniowe. Stosuje się również pędniki Voith-Schneidera.

Wymagane trymowanie jednostki - pompy balastowe.

Najczęściej stosuje się napęd spalinowo-elektryczny.



Dźwigi pływające



„**THIALF**” - Statek ma dwa pontony z każdymi czterema kolumnami nośnymi, które stanowią podstawę dla dwóch żurawi.

„Thialf” posiada system pozycjonowania dynamicznego klasy III, który składa się z sześciu azymutalnych pędników śrubowych napędzanych silnikami o mocy 5500 kW każdy. W płytkich wodach używa dwunastu 22.5 tonowych kotwic typu **Delta**.

Dwa żurawie mają łączny udźwig maksimum 14.200 ton.

Klasyfikacja systemów DP

Automatyczne pozycjonowanie odbywa się na podstawie systemów referencyjnych, z wykorzystaniem podsystemów elektroenergetycznych, sterów strumieniowych, pędników azymutalnych, napędu i steru głównego oraz z uwzględnieniem warunków pogodowych.

Typowymi systemami referencyjnymi są:

- **Taut Wire** - system służący do mierzenia rzeczywistej pozycji statku względem zanurzonego obciążnika (dzięki wyznaczaniu naprężenia liny i kierunku odchylenia);
- **Globalny System Pozycjonowania DARPS** (Dynamic Absolute Relative Positioning System) ze stacjonarnym systemem odniesienia (DGPS), ustalający pozycję na podstawie położenia satelitów oraz naziemnych stacji referencyjnych;

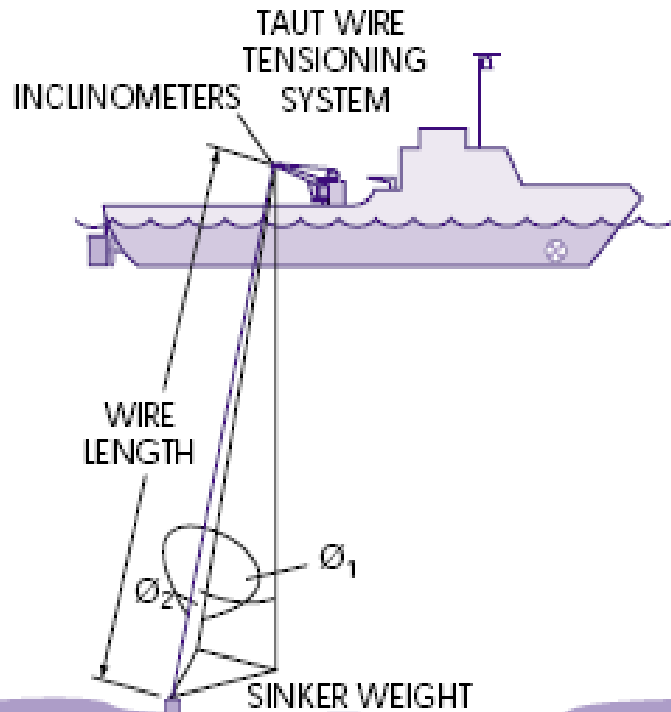
Klasyfikacja systemów DP

Automatyczne pozycjonowanie odbywa się na podstawie systemów referencyjnych, z wykorzystaniem podsystemów elektroenergetycznych, sterów strumieniowych, pędników azymutalnych, napędu i steru głównego oraz z uwzględnieniem warunków pogodowych.

Typowymi systemami referencyjnymi są:

- **Artemis** - radarowy system krótkiego zasięgu służący do lokalnego pomiaru odległości i usytuowania statku względem ustalonego punktu odniesienia, np. platformy wiertniczej i określonego kierunku;
- **HPR i HiPAP** - hydroakustyczne systemy służące do precyzyjnego pomiaru pozycji statku względem rozmieszczonych na dnie morskim, nieruchomych sond (transponderów);
- **Fanbeam** – laser służący do lokalnego pomiaru odległości i usytuowania statku względem określonego punktu i kierunku;

Mechaniczny system referencyjny



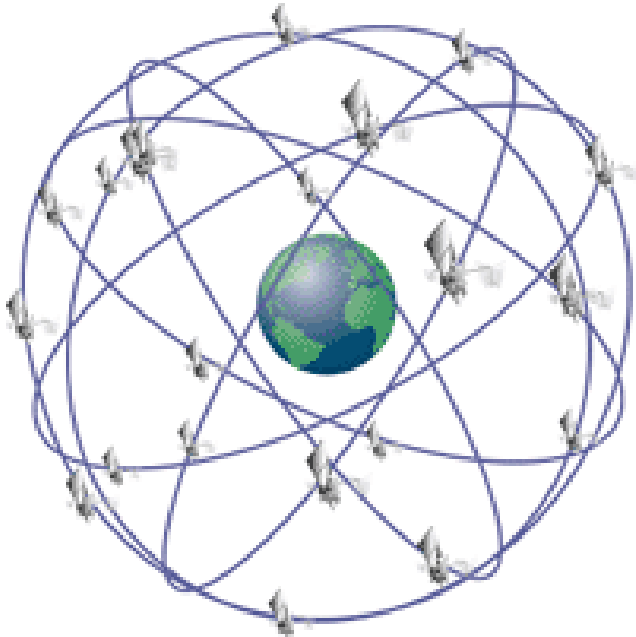
Statek ustawiony dokładnie nad założoną pozycją opuszcza na dno linkę stalową zaopatrzoną w ciężarek. Urządzenie umieszczone na pokładzie statku dokonuje precyzyjnego ***pomiaru kierunku i kąta odchylenia linki od pionu.***

Tak uzyskane dane są przetwarzane przez komputer, celem określenia ***kierunku i odległości od pozycji zadanej.***

Na tej podstawie uruchamiane są urządzenia ***napędowo-sterowe przywracające*** statek do pożądanej pozycji.

Dokładność pomiaru przy zastosowaniu mechanicznego systemu referencyjnego wynosi $\pm 2\%$ przy maksymalnej głębokości wody wynoszącej **500 m**. System ten stosuje się przede wszystkim przy długich okresach operacji załadunkowej statku przy umiarkowanych warunkach klimatycznych. Maksymalny kąt odchylenia linki wynosi $\pm 30^\circ$.

Dynamic Absolute Relative Positioning System



DARPS pozwala na wymianę (porównanie) pozycji otrzymywanych z GPS za pośrednictwem łącza UHF.

Jest on systemem specjalnie zaprojektowanym do przeładunku z FSO lub innych podobnych konstrukcji.

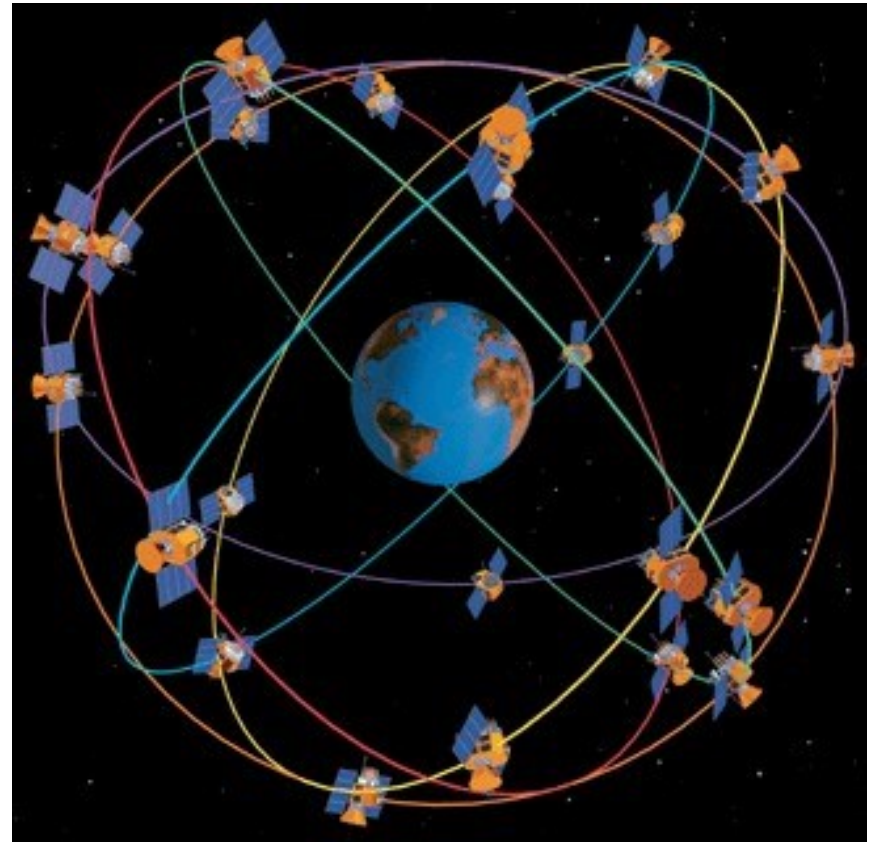
Połączenie radiowe pomiędzy dwiema jednostkami pozwala na określanie z wielką dokładnością pozycji absolutnej oraz pozycji względnej.

Zasada działania ***polega na pomiarze czasu dotarcia sygnału radiowego z satelitów do odbiornika.*** Znając prędkość fali elektromagnetycznej można obliczyć odległość odbiornika od satelitów. Mając wpisane do pamięci urządzenia położenie satelitów w czasie, mikroprocesor odbiornika może obliczyć pozycję geograficzną (długość, szerokość geograficzną oraz wysokość elipsoidalną), a także aktualny czas GPS z dokładnością do jednej milionowej sekundy.

Global Positioning System

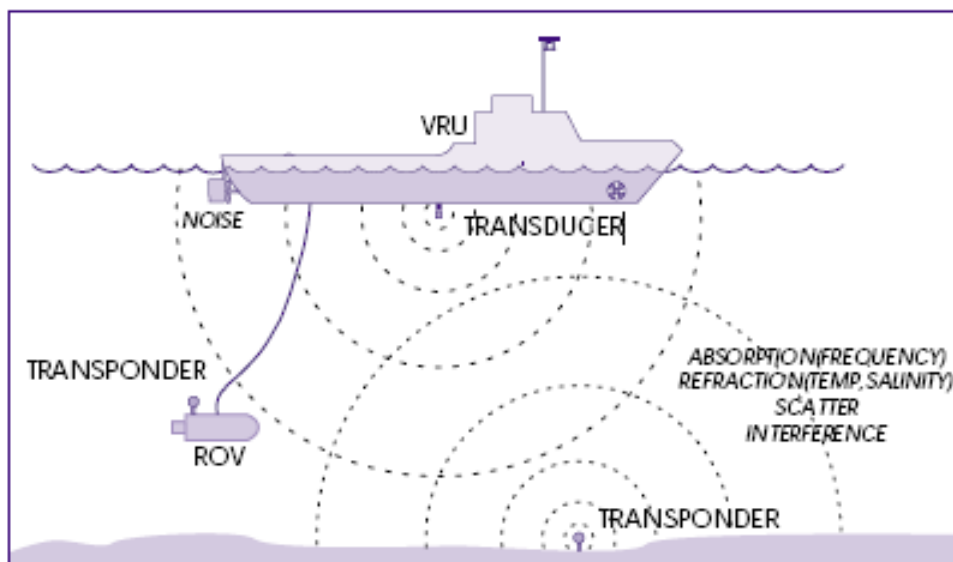
System GPS pracuje na obszarze całej Ziemi, bo w każdym punkcie globu widoczne są zawsze przynajmniej **cztery satelity**.

Co najmniej 24 satelity (liczba wymagana do osiągnięcia pełnej operacyjności systemu, tzn. prawdopodobieństwo widoczności przynajmniej 5 satelitów w dowolnym punkcie na kuli ziemskiej, z wyłączeniem okolic biegunów, wynosi 99.96%) krążą po orbitach na wysokości około 20183 km.



(rysunek ze strony Aerospace Corporation)

Systemy hydroakustyczne

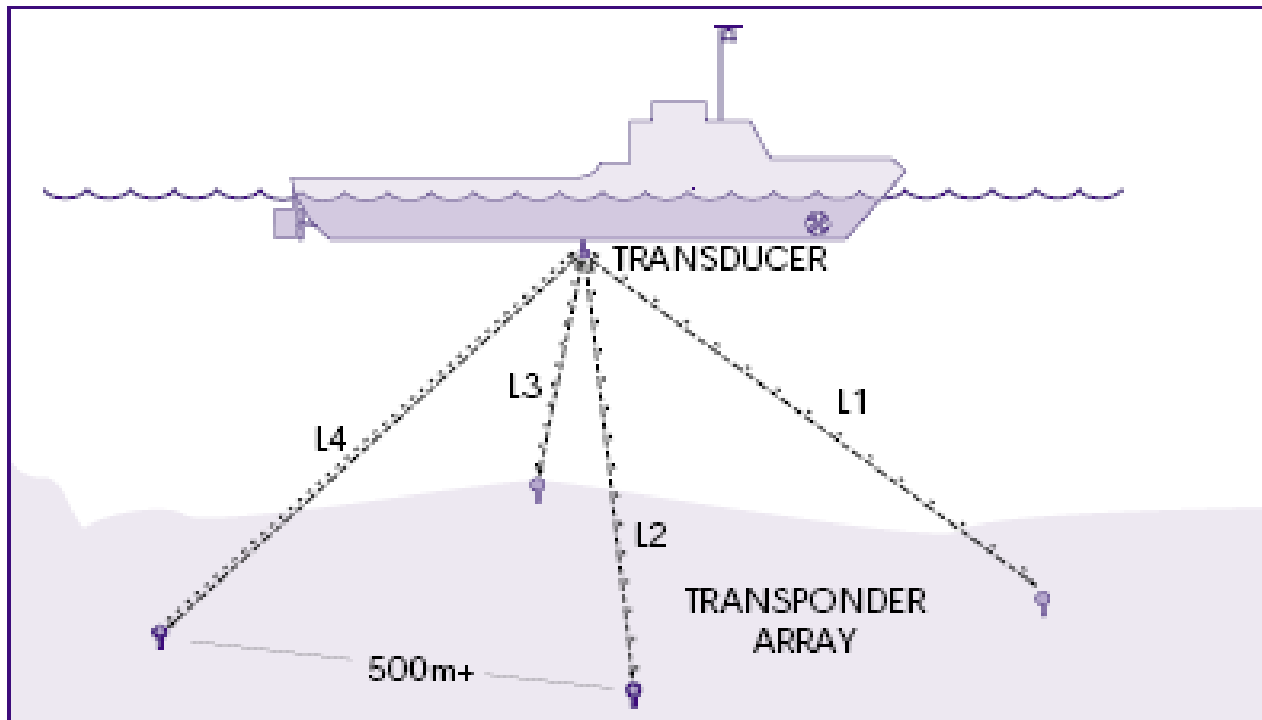


ROV - *Remotely Operated Vehicle* -
zdalnie sterowany robot podwodny.

Systemy hydroakustyczne składają się z anteny umieszczonej w dnie statku (transducer-przetwornik), połączonej z nadajnikiem i odbiornikiem, którego impulsy nakierowane są na umieszczony na dnie morza transponder (bezprzewodowe urządzenie komunikacyjne, które automatycznie odbiera, moduluje, wzmacnia i odpowiada na sygnał przychodzące w czasie rzeczywistym).

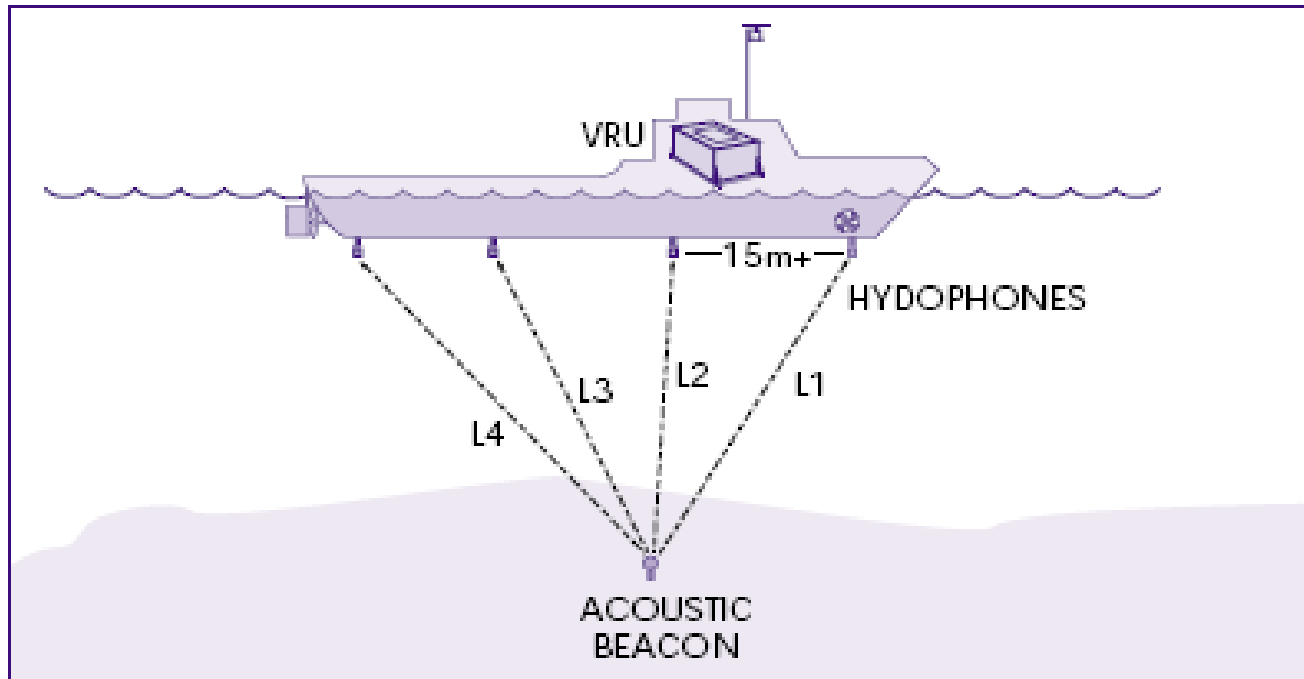
Transponder (urządzenie odzewowe) odpowiada sygnałem, którego analiza dokonywana przez odbiornik umieszczony na statku, pozwala na określenie dokładnej pozycji transpondera w stosunku do statku.

Systemy hydroakustyczne - Long Base Line (LBL)



Akustyczny system LBL składa się z pojedynczego przetwornika (transducer) umieszczonego na statku oraz szeregu urządzeń odzewowych - transponderów (co najmniej trzy) umieszczonych na dnie morza w odległości co najmniej 500 m od siebie. Odległość przetwornika od każdego z transpondera jest mierzona aby określić względną pozycję i wysyłana w postaci sygnału w funkcji czasu.

Systemy hydroakustyczne - Short Base Line (SBL)

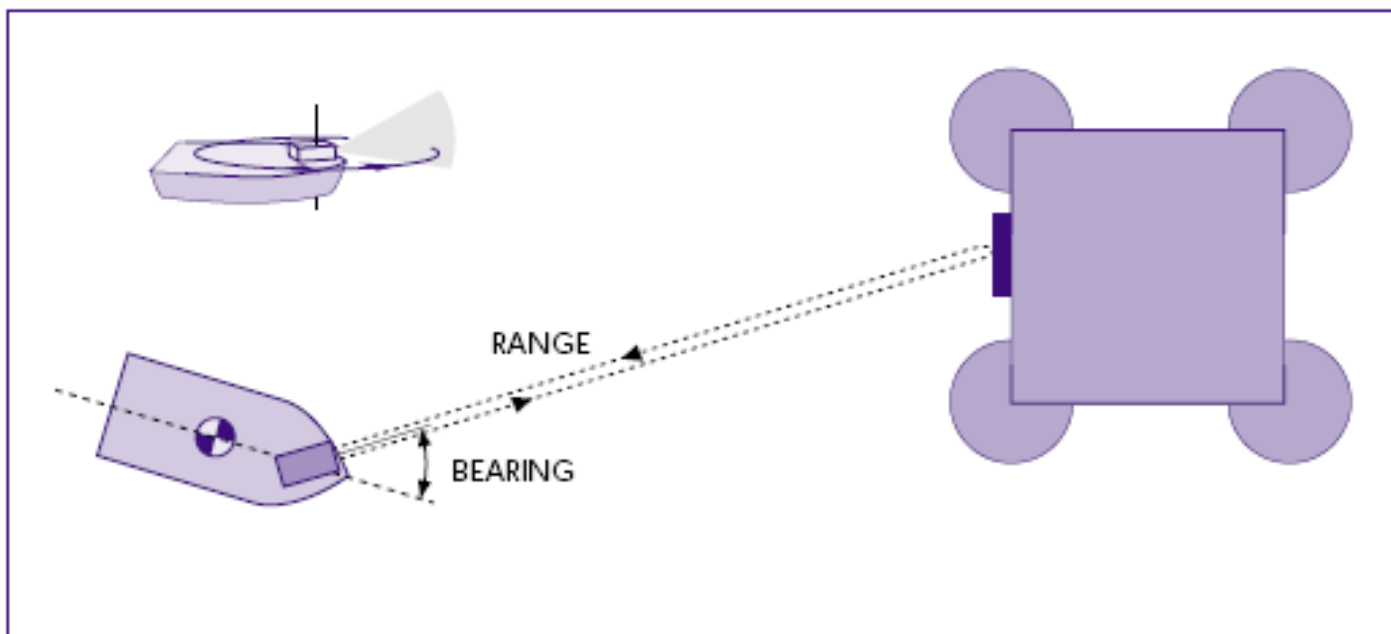


Akustyczny system SBL składa się z pojedynczego transpondera (urządzenie odzewowe) umieszczonego na dnie morza oraz szeregu przetworników (transducer) zainstalowanych pod kadłubem statku, zwanych również hydrofonami.

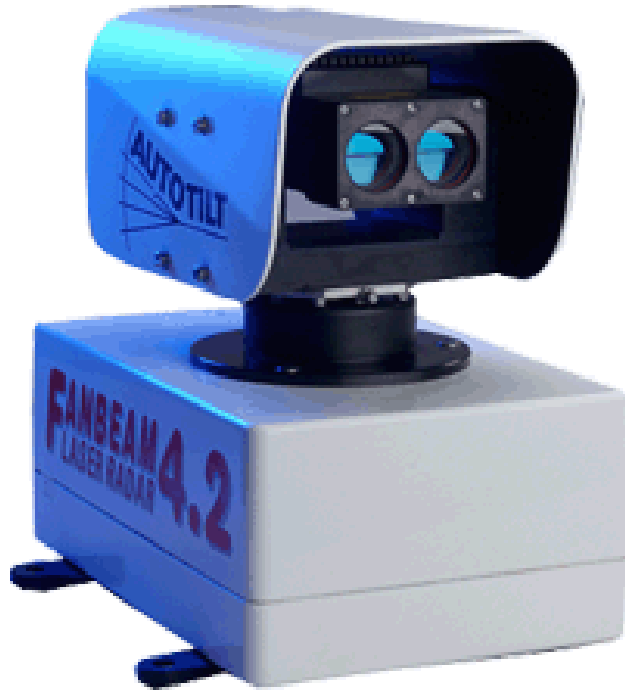
Minimalna odległość pomiędzy przetwornikami wynosi 15 m i powinny znajdować się z dala od zastosowanych na statkach pędników.

System laserowy FANBEAM

System ten składa się z urządzenia laserowego zamontowanego na dowozowcu i reflektora znajdującego się np. na statku FPSO. Zasięg wiązki lasera zależy przede wszystkim od pogody, max 500 m.



System laserowy FANBEAM



Technical Specification

- Type – semiconductor laser diode
7.5kHz rep. rate
- Wavelength – 905nm
- Beam divergence – vertical 15°
- Horizontal – 2.5 milli radian
- Laser standard – Class I
- Maximum range – 4.1 = 1000m / 3280'
- 4.2 = 2000m / 6562'
- Accuracy – 20cm (10cm possible
depending on target & scan rate)

Uregulowania klasyfikacyjne

W zależności od wykonywanego przez statek zadania wymagany jest odpowiednio wysoki poziom dokładności (***np. przy pracach podwodnych dokładność pozycji ± 3 m, dokładność kąta kursowego $\pm 2^\circ$***).

Taka precyzja wymaga dostatecznej niezawodności systemu DP, a więc jego odporności na awarie komputerów, generatorów, sterów strumieniowych, czujników itd.

Zgodnie z przepisami IMO rozróżnia się cztery klasy urządzeń o zróżnicowanym poziomie automatyzacji i niezawodności:

- klasa najniższa
- klasa I
- klasa II
- klasa III

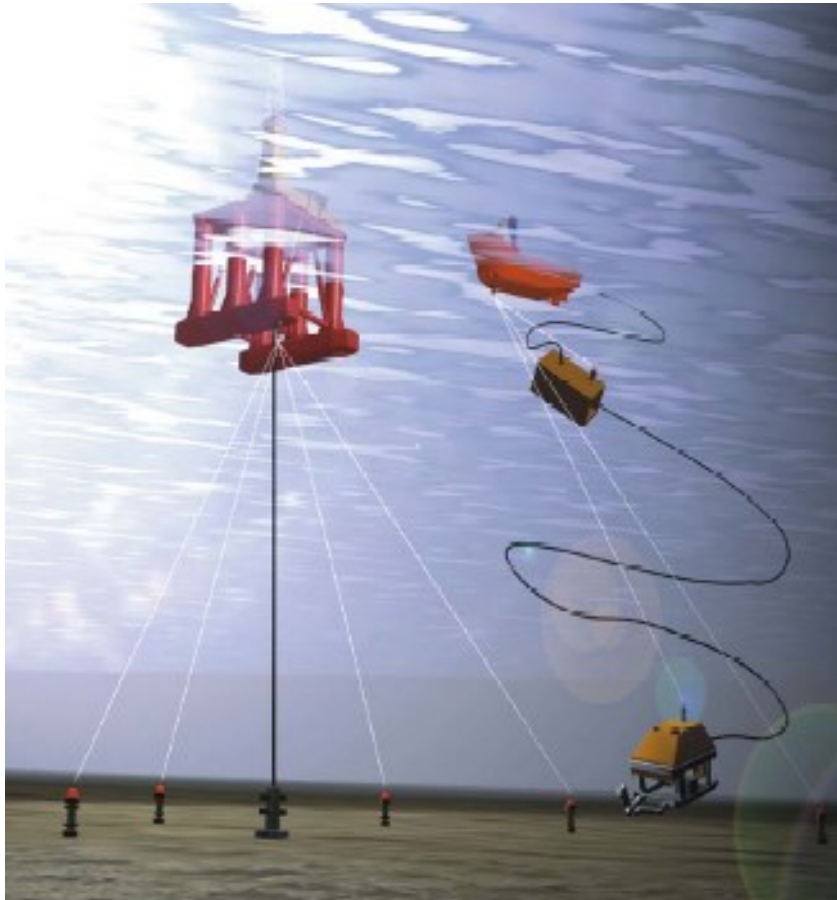
Uregulowania klasyfikacyjne

- **W najniższej klasie** – znajdują się urządzenia o ręcznej kontroli pozycji i automatycznej kontroli kursu,
- **Class 1** – znajdują się urządzenia o ręcznej i automatycznej kontroli kursu i pozycji w określonych maksymalnych warunkach pogodowych;
- **Class 2** - znajdują się urządzenia o ręcznej i automatycznej kontroli kursu i pozycji w określonych maksymalnych warunkach pogodowych, możliwym przy pojedynczym błędzie systemu, wykluczając jakikolwiek pożar czy zalanie jednego z pomieszczeń (dwa niezależne komputery);
- **Class 3** - znajdują się urządzenia o ręcznej i automatycznej kontroli kursu i pozycji w określonych maksymalnych warunkach pogodowych, możliwym przy pojedynczym błędzie systemu, włącznie z zalaniem lub pożarem jednym z pomieszczeń. W tej klasie konieczne są dwa komputery, rozdzielone grodzią przeciwpożarową kategorii A60.

Uregulowania klasyfikacyjne

IMO Equipment Class	LR Equipment Class	DnV Equipment Class	GL Equipment Class	ABS Equipment Class
-	DP(CM)	DNV-T	-	DPS-0
Class 1	DP(AM)	DNV-AUT DNV-AUTS	DP 1	DPS-1
Class 2	DP(AA)	DNV-AUTR	DP 2	DPS-2
Class 3	DP(AAA)	DNV-AUTRO	DP 3	DPS-3

Zasada pozycjonowania dynamicznego (przykład)

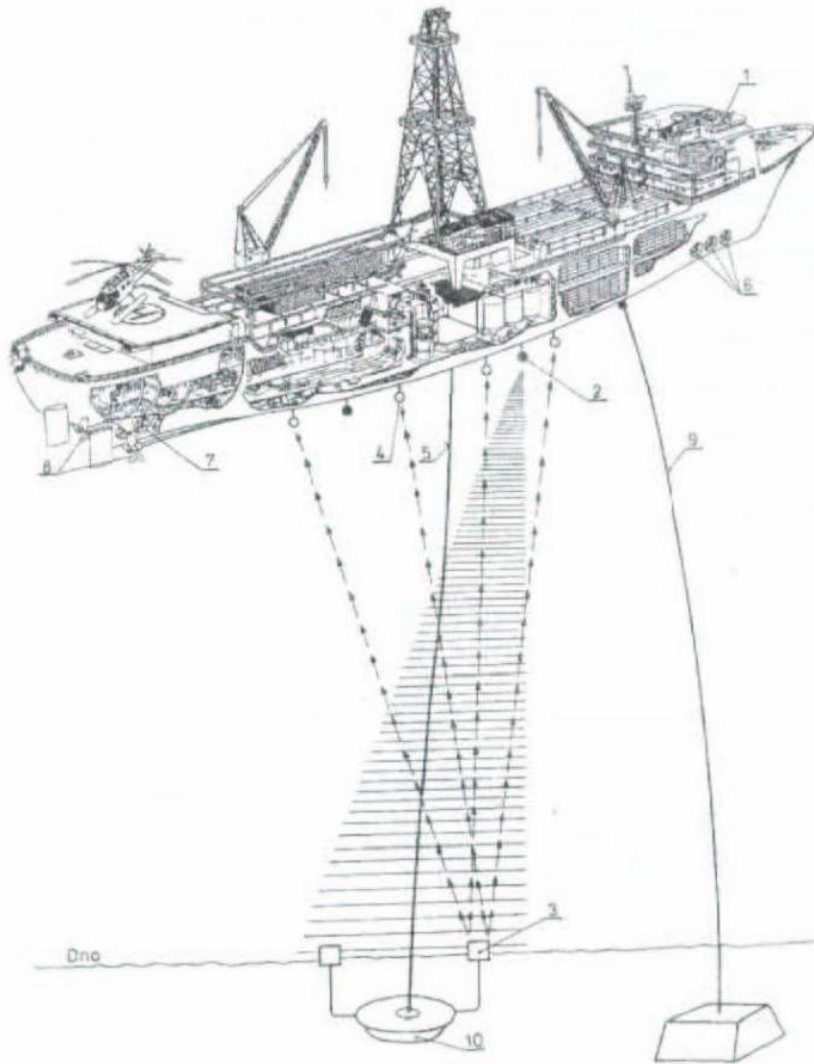


Pomiar poziomego przesunięcia jednostki realizują urządzenia hydrolokacyjne. Sygnały akustyczne z nadajnika pod dnem statku są odbijane przez przekaźnik impulsów na dnie morza w bezpośrednim sąsiedztwie otworu wiertniczego i przyjmowane przez zestaw hydrofonów w części podwodnej kadłuba. ***Określenie zmian położenia statku odbywa się na podstawie przetwarzania czasu przebiegu sygnału na równoważną odległość.***

Maszyny cyfrowe współpracujące z układem akustycznym obliczają aktualną pozycję statku i przekazują decyzję do układu napędowego.

Na ogół elementami wykonawczymi tego układu jest zestaw kilku, a nawet kilkunastu pędników.

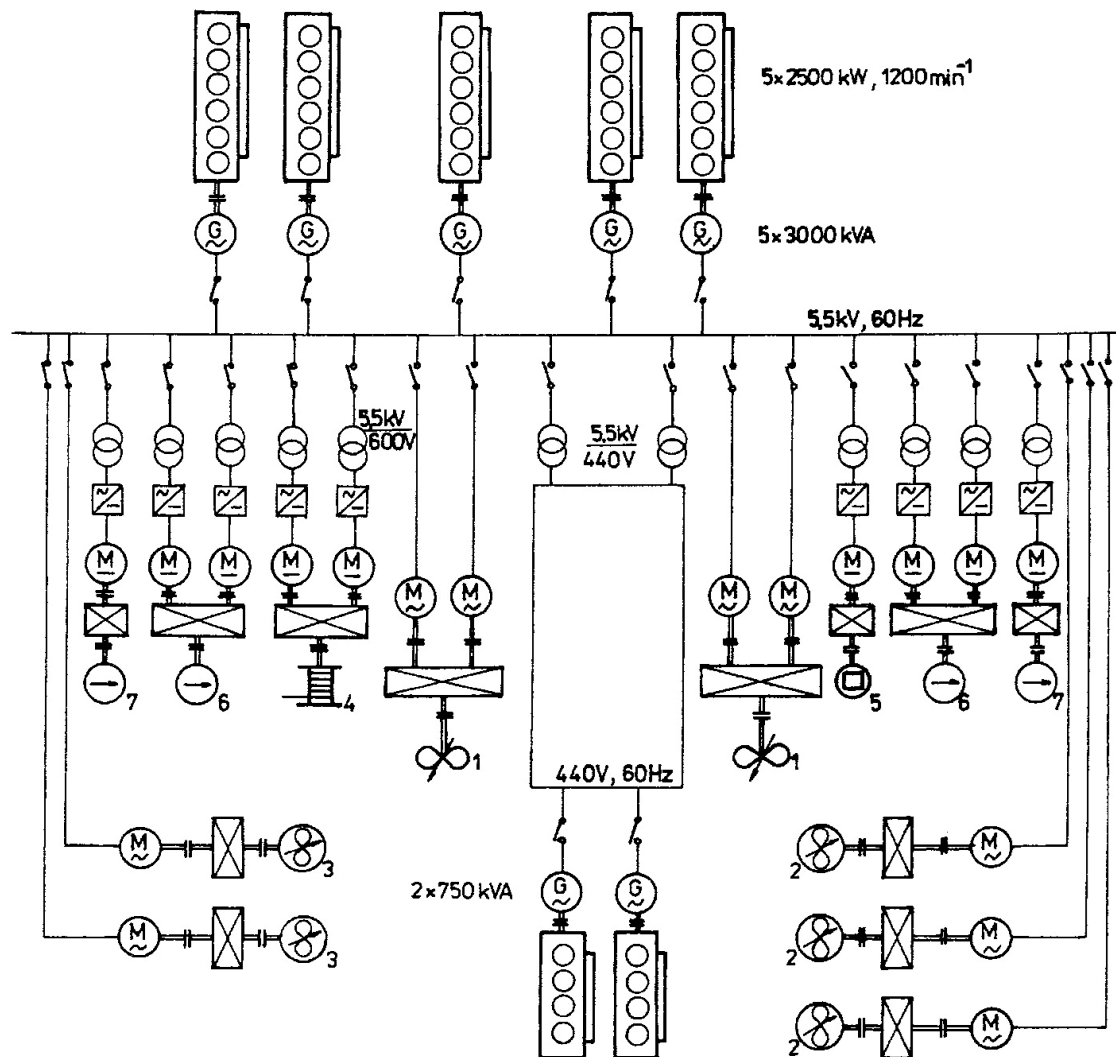
Zasada pozycjonowania dynamicznego (przykład 2)



Za ruchy jednostki wzdłuż jej osi odpowiadają śruby napędowe, natomiast za przemieszczenia poprzeczne stery strumieniowe na dziobie (3 stery) i rufie (2 stery). Układ taki umożliwia prace wiertnicze przy prędkości wiatru do **25m/s**, wysokości fal do **5m** oraz prądów o prędkości do **2 węzłów**.

Układ pozycjonowania dynamicznego na statku wiertniczym „Pelikan”; 1- sterownia, 2- nadajniki, 3- przekaźnik impulsów, 4- hydrofony odbiorcze, 5- przewód wiertniczy, 6- przednie stery strumieniowe, 7- tylne stery strumieniowe, 8- główne śruby napędowe, 9- układ ciągowy, 10- głowica otworu wiertniczego.

Jednostki górnictwa morskiego



Schemat rozdziału energii elektrycznej na statku wiertniczym „Pelican”;

1- śruba napędu głównego (2x1280kW), 2- dziobowy ster strumieniowy (1x1100kW), 3- rufowy ster strumieniowy (1x1100kW), 4- wyciąg wiertniczy (2x800kW), 5- stół wiertniczy (1x600kW), 6- pompa płuczkowa (2x600kW), 7- pompa cementacyjna (1x600kW)

Holownik wielozadaniowy „Normand Pioneer”



DnV + 1A1, Tug Supply
Vessel, SF, EO,
DynPos AUTR, Ice C,
HELDK

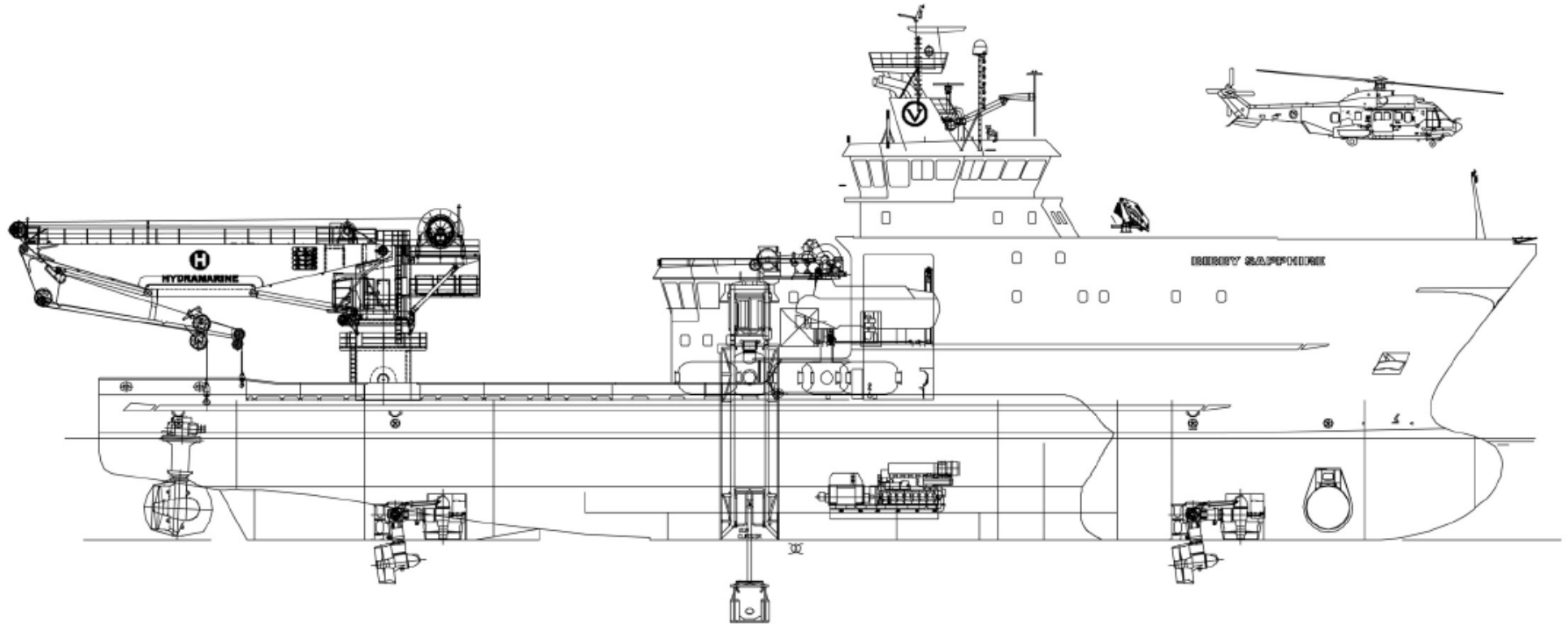
2 stery strumieniowe –
dziób,

2 stery strumieniowe –
rufa,

2 zespoły napędowe,
2 śruby

HiPAP, Fanbeam, Tautwire winch, 2 of DGPS

Wielozadaniowy statek zaopatrzeniowy „BIBBY SAPPHIRE”



ClassDNV +1A1 SF, E0, Dynpos Autr, Clean Comf Heldk-SH

Reference Systems 2 x Taut Wire., 2 x DGPS, 1 x HiPaP, 1 x Fanbeam

Wielozadaniowy statek zaopatrzeniowy „BIBBY SAPPHIRE”





POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA

KATEDRA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH



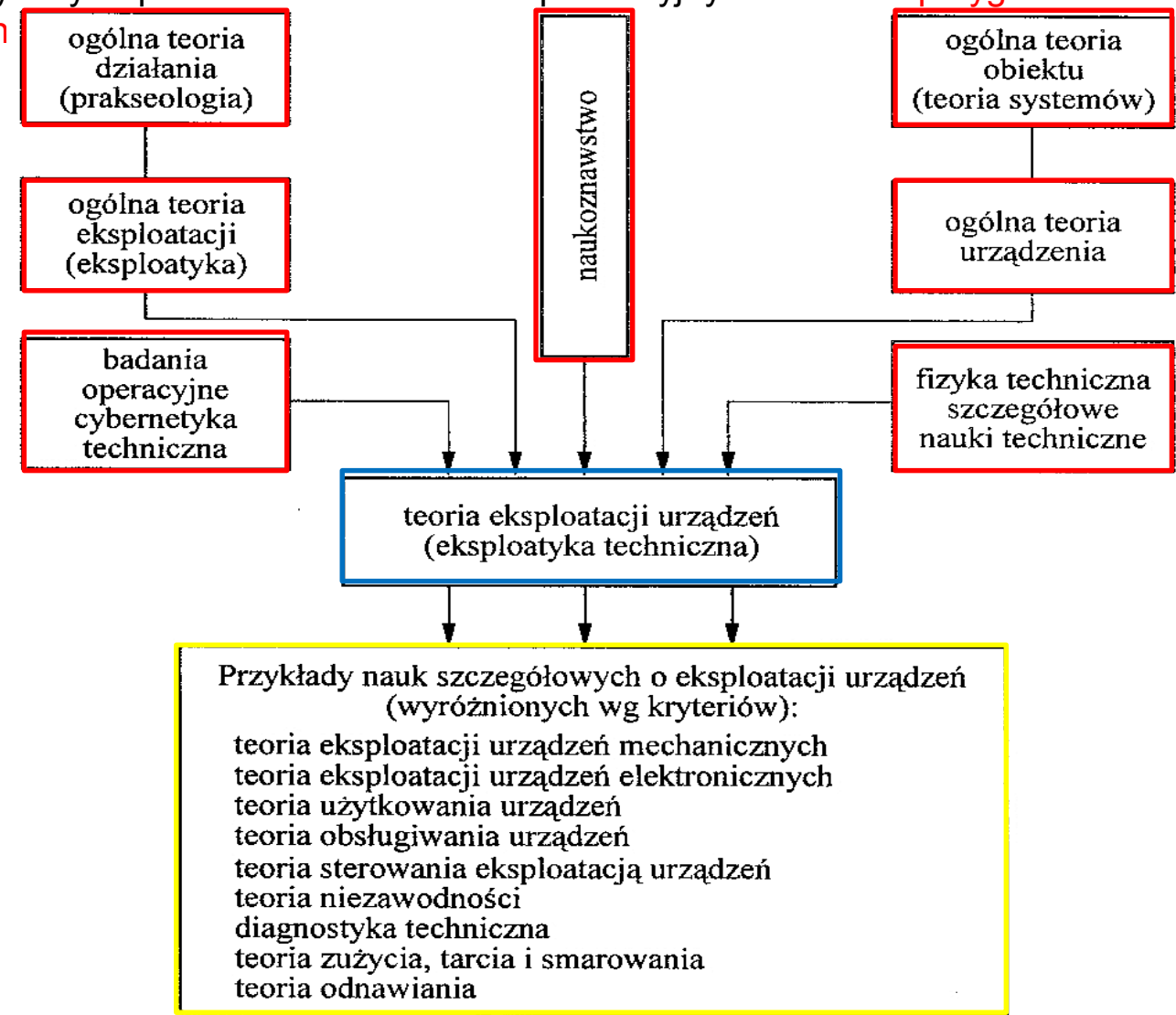
NIEZAWODNOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO FUNKCJONOWANIA SYSTEMÓW OKRĘTOWYCH

Zagadnienia

1. Wprowadzenie – pojęcie stanu technicznego.
2. Pojęcie uszkodzenia.
3. Określenie niezawodności systemu technicznego.
4. Pojęcie bezpieczeństwa.
5. **Redundancja – nadmiarowość funkcjonalna.**
6. Przykłady **redundantnych** rozwiązań systemów okrętowych.

EKSPLOATYKA TECHNICZNA – nauka zajmująca się teorią eksploatacji obiektów technicznych. Przedmiotem badań jest **optymalne** wykorzystanie obiektów technicznych przez człowieka. Koncentruje się na dwóch zasadniczych problemach:

- rozszerzaniu i porządkowaniu już istniejącej wiedzy eksploatacyjnej,
- modelowaniu matematycznym procesów i działań eksploatacyjnych w celu przygotowania algorytmów decyzyjnych



PRAKSEOLOGIA – (gr. prksis - **praktyka, czynność** + logos – **nauka**; **naukowe badanie warunków sprawnego działania**).



Tadeusz Marian Kotarbiński (ur. 31 marca 1886 w Warszawie, zm. 3 października 1981 w Aninie) – jeden z czołowych polskich filozofów, logików i etyków, przedstawiciel szkoły lwowsko-warszawskiej.

Syn Miłosza Kotarbińskiego – malarza i *Ewy Koskowskiej* – pianistki.

Absolwent Gimnazjum gen. Pawła Chrzanowskiego w Warszawie (1906) Studiował filozofię na uniwersytecie we Lwowie pod kierunkiem Kazimierza Twardowskiego. Profesor Uniwersytetu Warszawskiego, rektor Uniwersytetu Łódzkiego (1945-1949), prezes PAN w latach 1957-1962, członek wielu towarzystw naukowych, polskich i zagranicznych (m.in. przewodniczący Polskiego Towarzystwa Filozoficznego, prezes *Institut International de Philosophie*). Odznaczony Orderem Budowniczych Polski Ludowej.

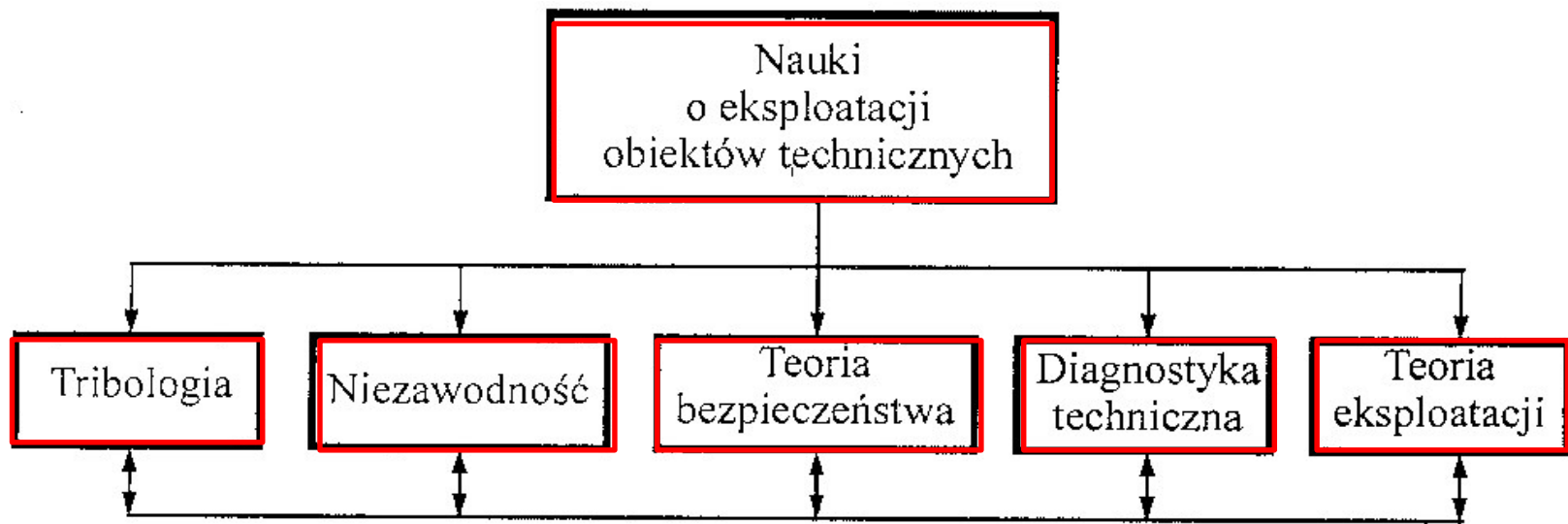
Twórca reizmu – materialistycznej (przy czym termin fizykalizm uznaje się tu czasem za bardziej precyzyjny) koncepcji filozoficznej, **pionier i współtwórca ogólnej teorii sprawnego działania**, zwanej **prakseologią**, autor etycznej koncepcji *opiekuna społecznego*. Kotarbiński jest jednym z najbardziej znanych polskich **filozofów analitycznych**.

Tadeusz Kotarbiński należy do grona najwybitniejszych i najbardziej znanych filozofów polskich. Główne dzieło Kotarbińskiego nosi tytuł: "**Traktat o dobrej robocie**" w której wyklada główne zasady prakseologii. **Prakseologia jest nauką o sprawnym działaniu. Prakseologia jest jedną z dziedzin w metodologii nauk. Prakseologią określa się jako naukę o sprawnym działaniu w odniesieniu do wszystkich form aktywności polegających na świadomej realizacji założonych celów. Prakseologia bada również postulaty i ogólne zasady sprawnego działania pod kątem ich skuteczności. Dla wielu prakseologia sprowadza się do odpowiedzi na pytanie: jak działać w najskuteczniejszy sposób? Prakseologia jako dziedzina wiedzy filozoficznej stara się dotrzeć do zasad ogólnych, które daje się zastosować do wszelkich możliwych rodzajów działań. Prakseologia obejmuje również zagadnienie współpracy i działań grupowych, co zbliża ją do teorii zarządzania zasobami ludzkimi. Jednak w ten sposób wchodzimy w szczegółowe rozważania mające na celu usprawnić konkretne działania.**

OBIEKT TECHNICZNY – maszyna, urządzenie, mechanizm, przyrząd, aparat itd. charakteryzujące się następującymi cechami ogólnymi:

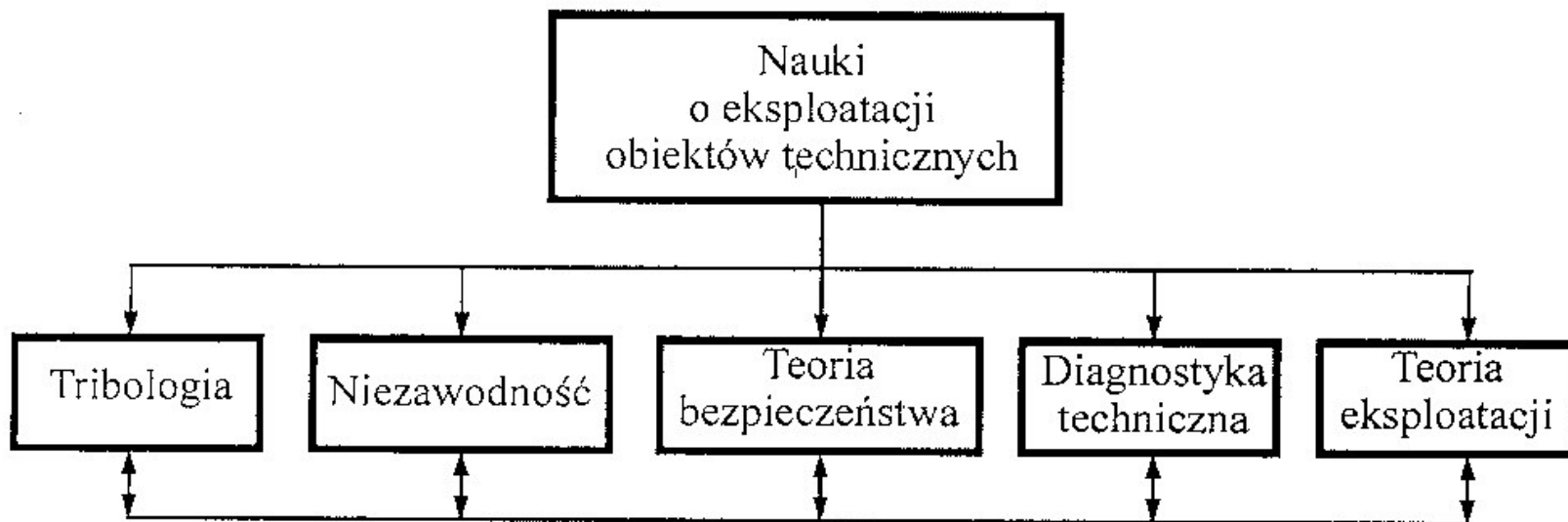
- jest wykonany przez człowieka z materii nieożywionej dla realizacji określonego celu działania,
- celowo wykorzystywać je może tylko człowiek,
- ma określone przeznaczenie (zbiór możliwych zastosowań),
- funkcjonuje zgodnie z prawami fizyki,
- ma skończoną trwałość,
- może być ulepszane,
- może szkodzić człowiekowi (emituje hałas, drgania, spaliny itd.),
- przechodzi w swojej historii przez kolejne fazy:
 - **potrzeby** (istnieje w sferze abstrakcji),
 - **projektowanie** (koncepcja – dobierania sposobu działania, stanowi podstawę konstruowania),
 - **konstruowanie** {dobieranie cech konstrukcyjnych: postać geometryczna (przestrzenna), wymiarowa, materiałowa, stanowi podstawę wytwarzania},
 - **wytwarzanie** (pożądane przekształcanie układów materialnych w obiekt techniczny zaspokajający potrzeby człowieka),
 - **eksploatacja** {użytkowanie zgodnie z przeznaczeniem oraz obsługiwanie mające na celu utrzymanie bądź przywrócenie (odtworzenie) stanu technicznego obiektu zapewniającego realizację funkcji celu (zadań)},
 - **likwidacja** (ostateczna degeneracja właściwości użytkowych obiektu, przekazanie do złomowania obiektu wycofanego z eksploatacji lub jego demontaż w celu odzyskania części przydatnych do ponownego wykorzystania w procesie produkcyjnym lub obsługowym).





NAUKI O EKSPLOATACJI OBIEKTÓW TECHNICZNYCH:

- ✓ **Tribologia** – nauka o tarcu i procesach towarzyszących tarcu, zajmuje się opisem zjawisk fizycznych (mechanicznych, elektrycznych, magnetycznych itp.), chemicznych, biologicznych i innych w obszarach tarcia;
- ✓ **Niezawodność obiektu** – w sensie opisowym: zdolność do „spełniania wymagań”, „realizacji zadań”, „spełnienia funkcji” (albo „przeżycia określonego czasu”),
 - w sensie normatywnym (wartościującym): zdolność (określona prawdopodobieństwem) do zachowania istotnych właściwości w dopuszczalnych granicach, w określonych warunkach istnienia obiektu, w ciągu określonego czasu.
- ✓ **Niezawodność systemu technicznego** – zdolność (określona prawdopodobieństwem) do realizacji zadań przez system w określonym przedziale czasu i przy ustalonych poziomach oddziaływania czynników wymuszających.



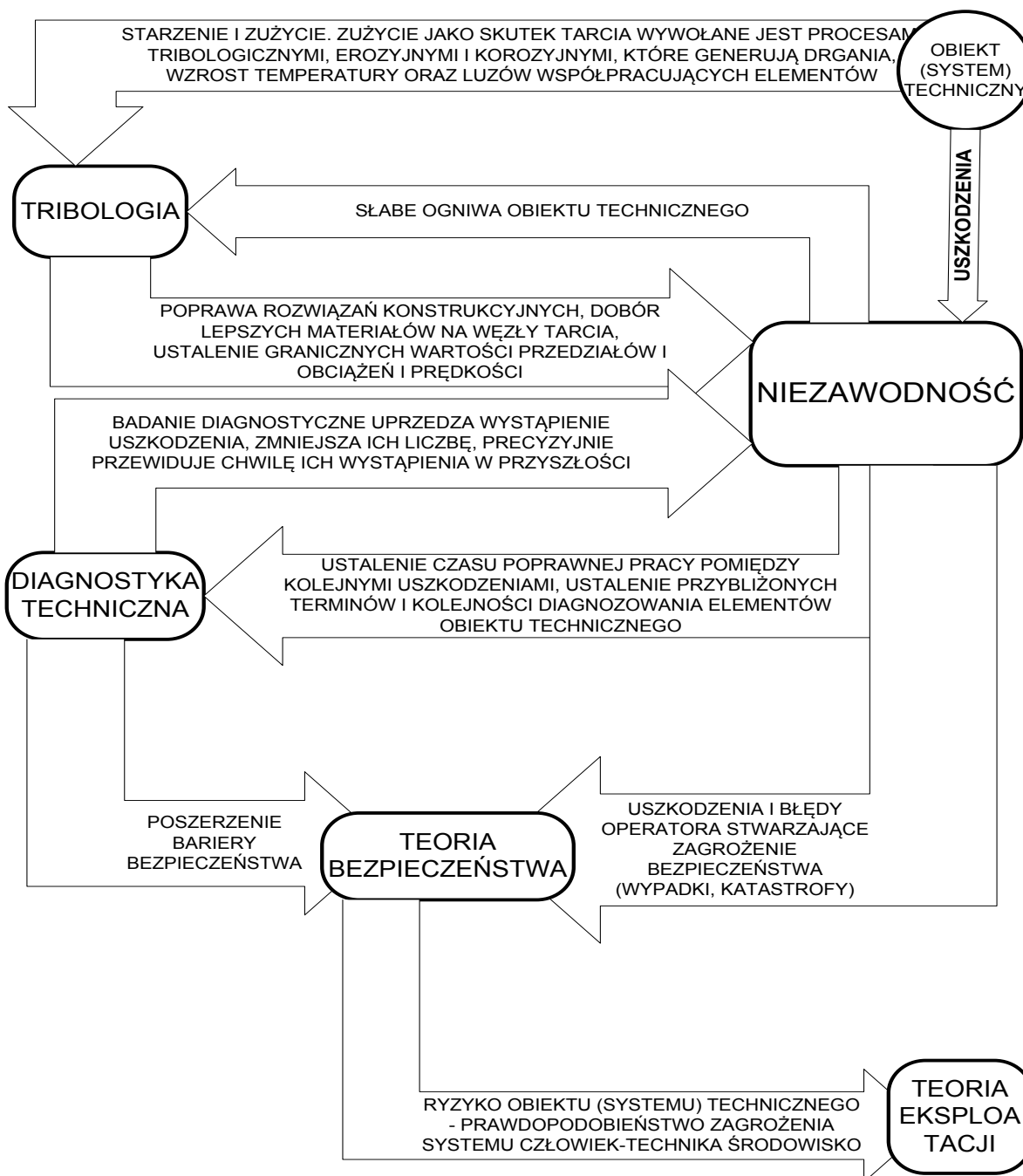
NAUKI O EKSPLOATACJI OBIEKTÓW TECHNICZNYCH:

- ✓ **Teoria bezpieczeństwa** – zajmuje się takimi uszkodzeniami systemu technicznego i błędami, które stwarzają zagrożenie bezpieczeństwa. Istotą teorii bezpieczeństwa jest predykcja strat, które wiążą się z istnieniem techniki – oszacowanie **ryzyka**.
- ✓ **Diagnostyka techniczna** – jest nauką o rozpoznawaniu stanów przedmiotów diagnozowania. Celem diagnostyki technicznej jest badanie i ocena stanów technicznych przedmiotu diagnozowania (maszyny, urządzenia, procesu, otoczenia, decydenta, oddziaływań itp.), ustalenie przyczyn zaistniałych stanów (**genezowanie**), a także przewidywanie rozwoju zmian tych stanów (**prognozowanie**).
- ✓ **Teoria eksploatacji** – jest nauką, której przedmiotem badań jest optymalne wykorzystanie urządzeń przez człowieka.

WZAJEMNE POWIĄZANIA NAUK EKSPLOATACYJNYCH



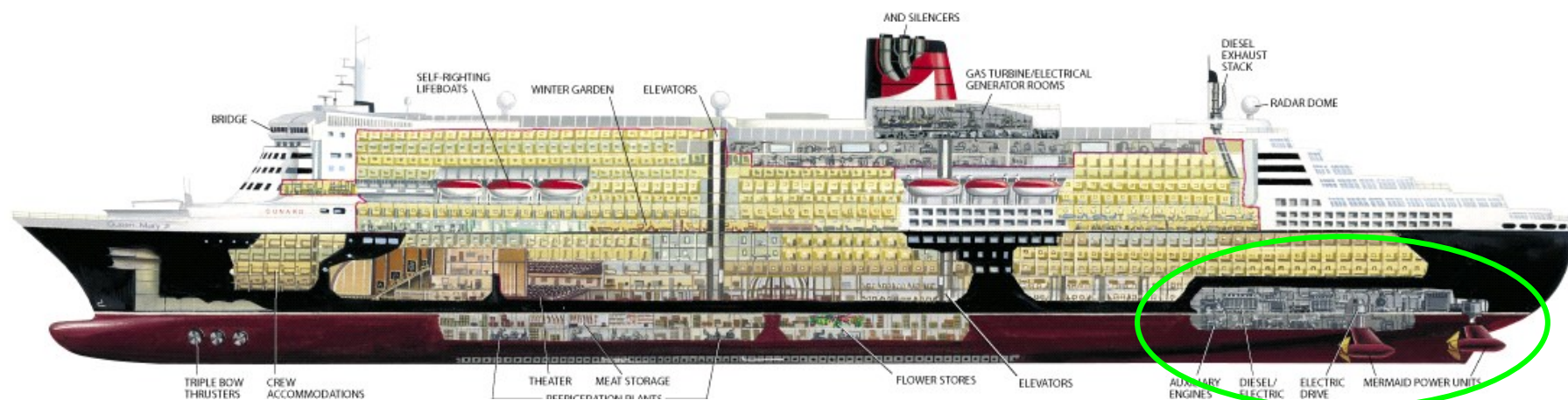
W związku z przypadkowym (stochastycznym) charakterem występowania uszkodzeń w obiektach technicznych i błędów operatora wskaźniki niezawodności i bezpieczeństwa są wielkościami losowymi o określonych rozkładach prawdopodobieństwa, wartości oczekiwanej i wariancji. Określa się je za pomocą statystyki matematycznej oraz teorii prawdopodobieństwa.



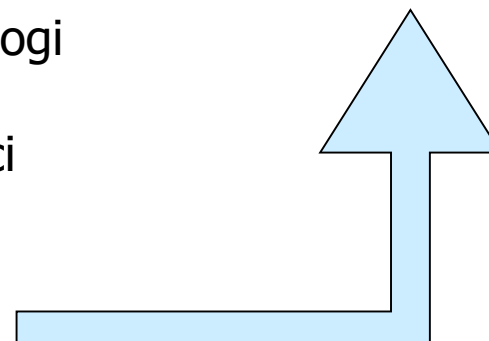
ODDZIAŁYWANIE OBIEKTÓW TECHNICZNYCH NA ŚRODOWISKO – BEZPIECZEŃSTWO EKOLOGICZNE



Realizacja zadań przez statek



- Kwalifikacje i predyspozycje psychofizyczne załogi
- Stan techniczny kadłuba
- Stan techniczny urządzeń obserwacji i łączności
- Stan techniczny urządzeń siłowni okrętowej



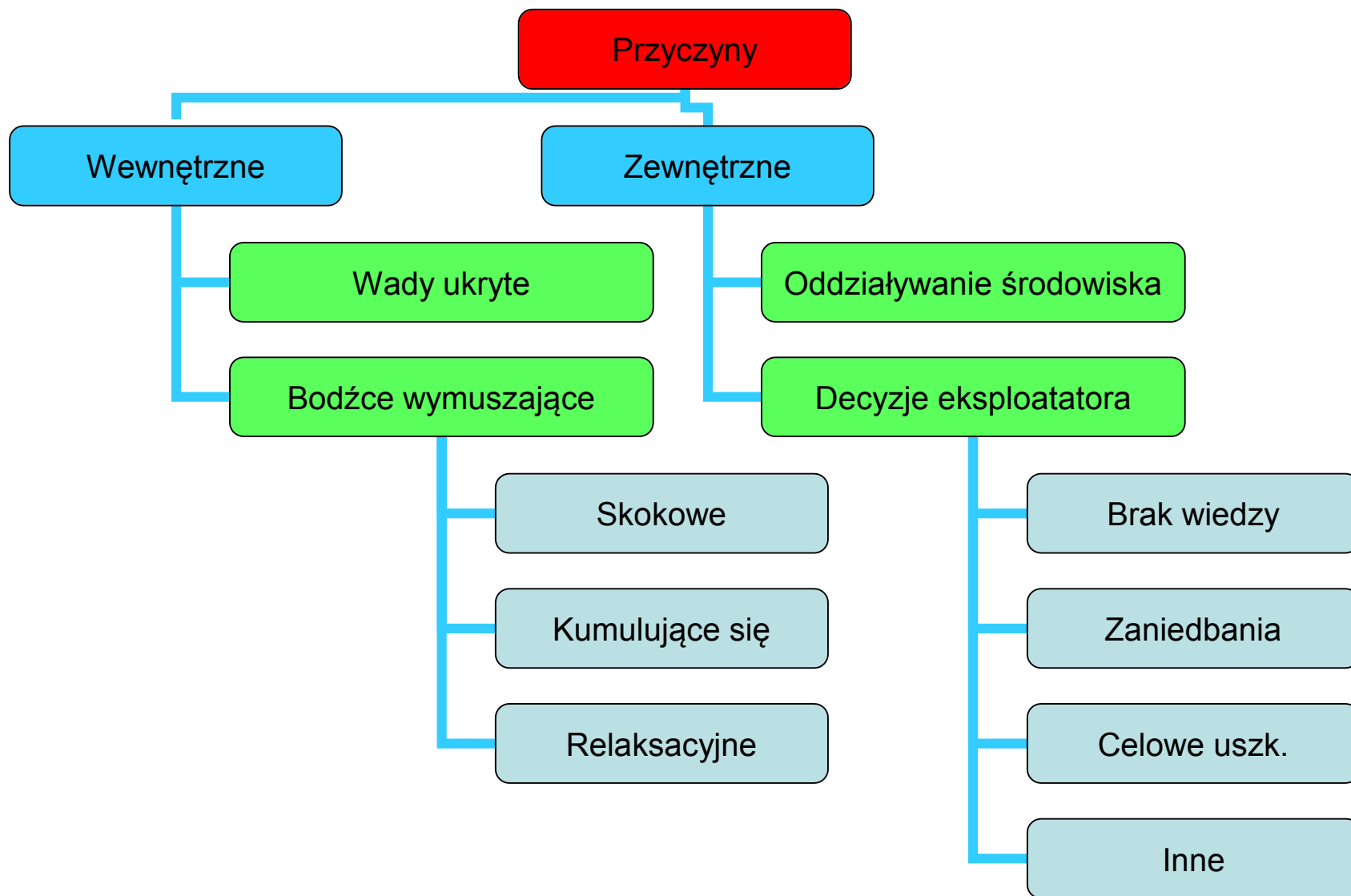
Stan techniczny – zbiór „ n ” niezależnych parametrów zwanych parametrami struktury konstrukcyjnej.

Parametry:

- stereometryczne (*długość, szerokość, luz, chropowatość itp.*)
- fizykochemiczne (*gęstość, wytrzymałość itp.*)

Uszkodzenie - zdarzenie będące
niepożądanym wynikiem
skomplikowanych procesów
zachodzących wewnątrz urządzenia
oraz oddziaływań zewnętrznych,
efektem czego zdolność urządzenia
do wypełniania postawionych przed
nim zadań zostaje ograniczona lub
następuje jej brak

Przyczyny uszkodzeń



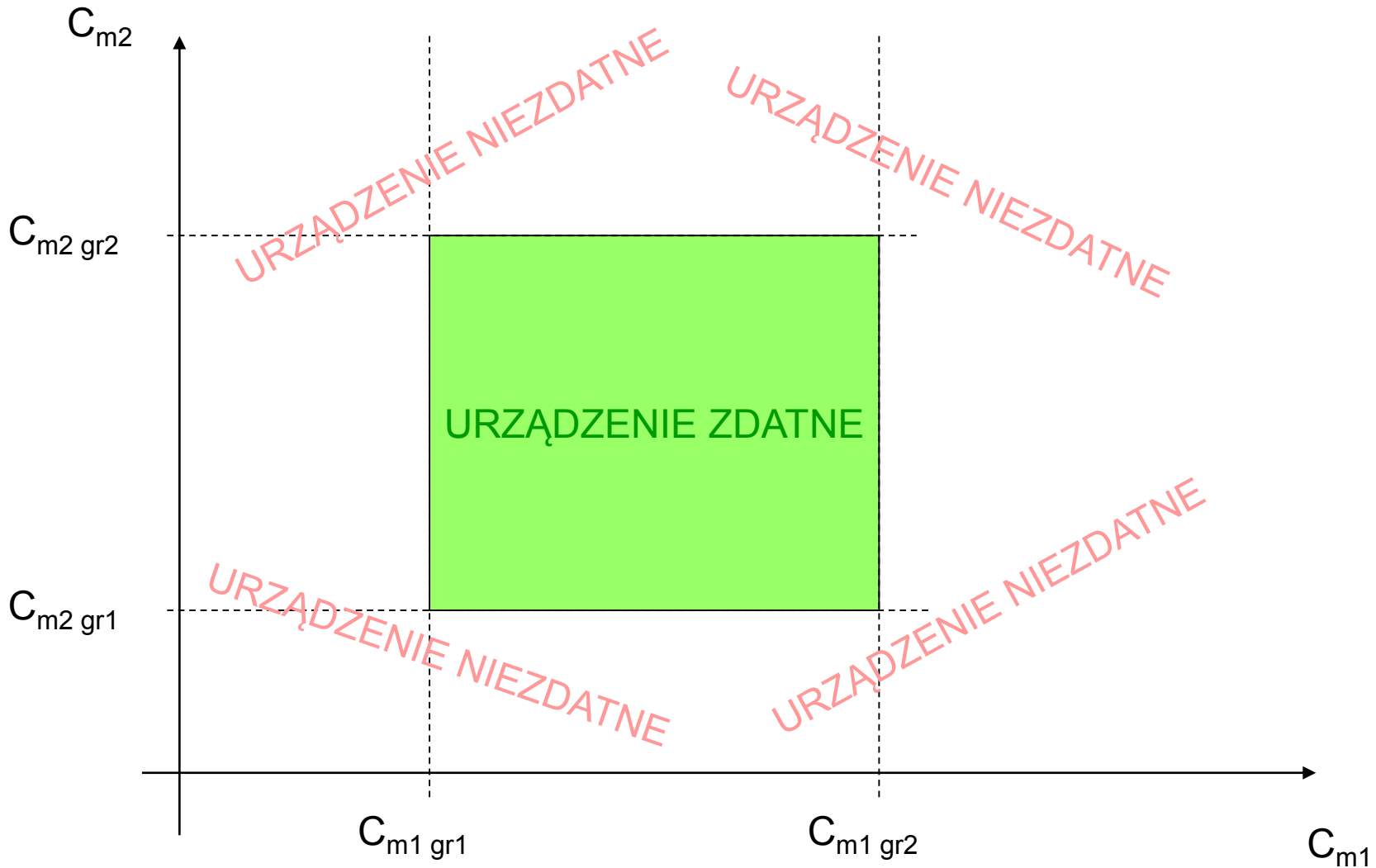
Uszkodzenie – zdarzenie losowe

Najprostsza interpretacja

- Zmiana wartości cechy mierzalnej C_{mi} ($i = 1, 2, \dots, n$) poza zakres **wyznaczony** przez zależność:

$$C_{mi \text{ gr1}} < C_{mi} < C_{mi \text{ gr2}}$$

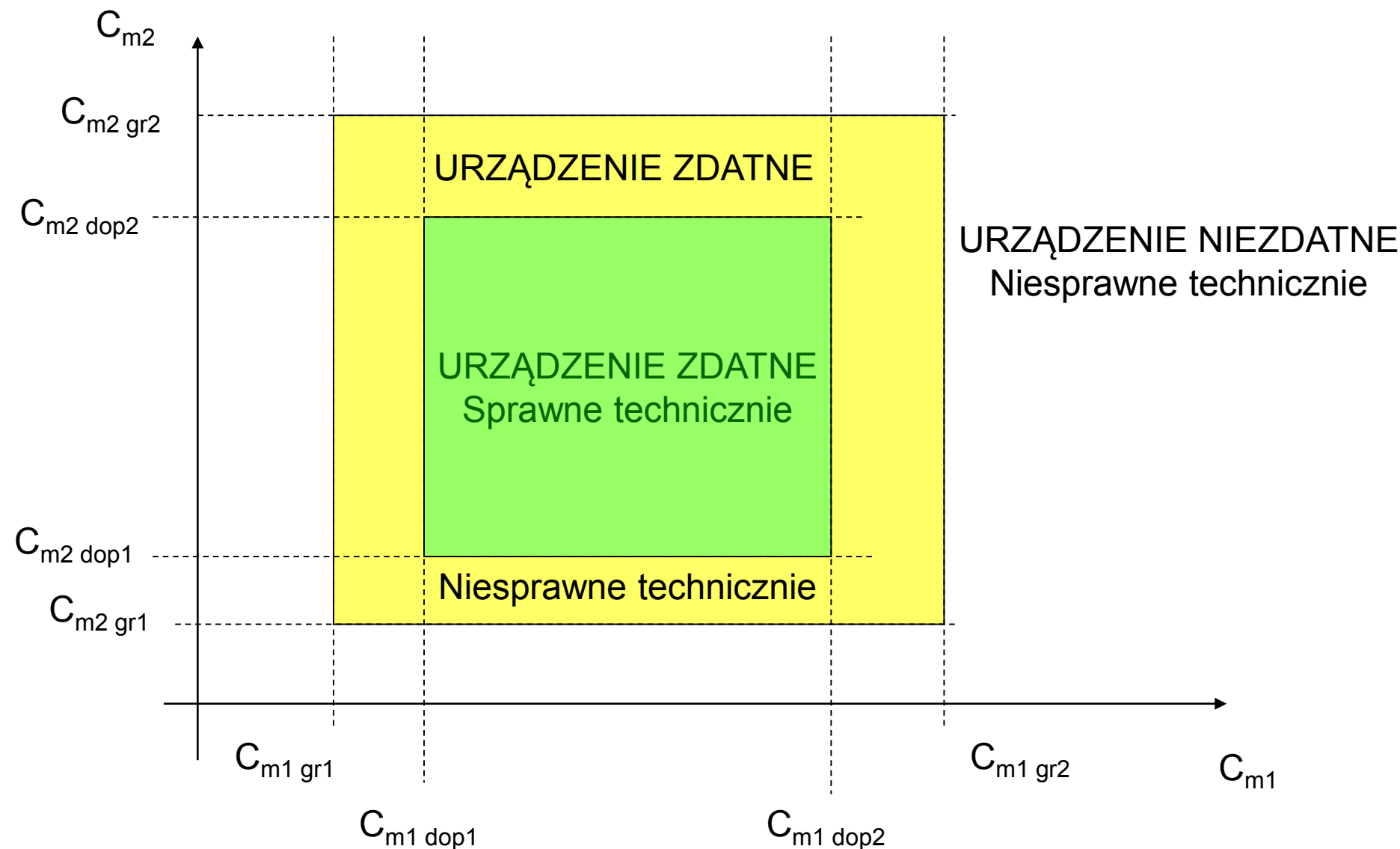
Klasyfikacja dwustanowa



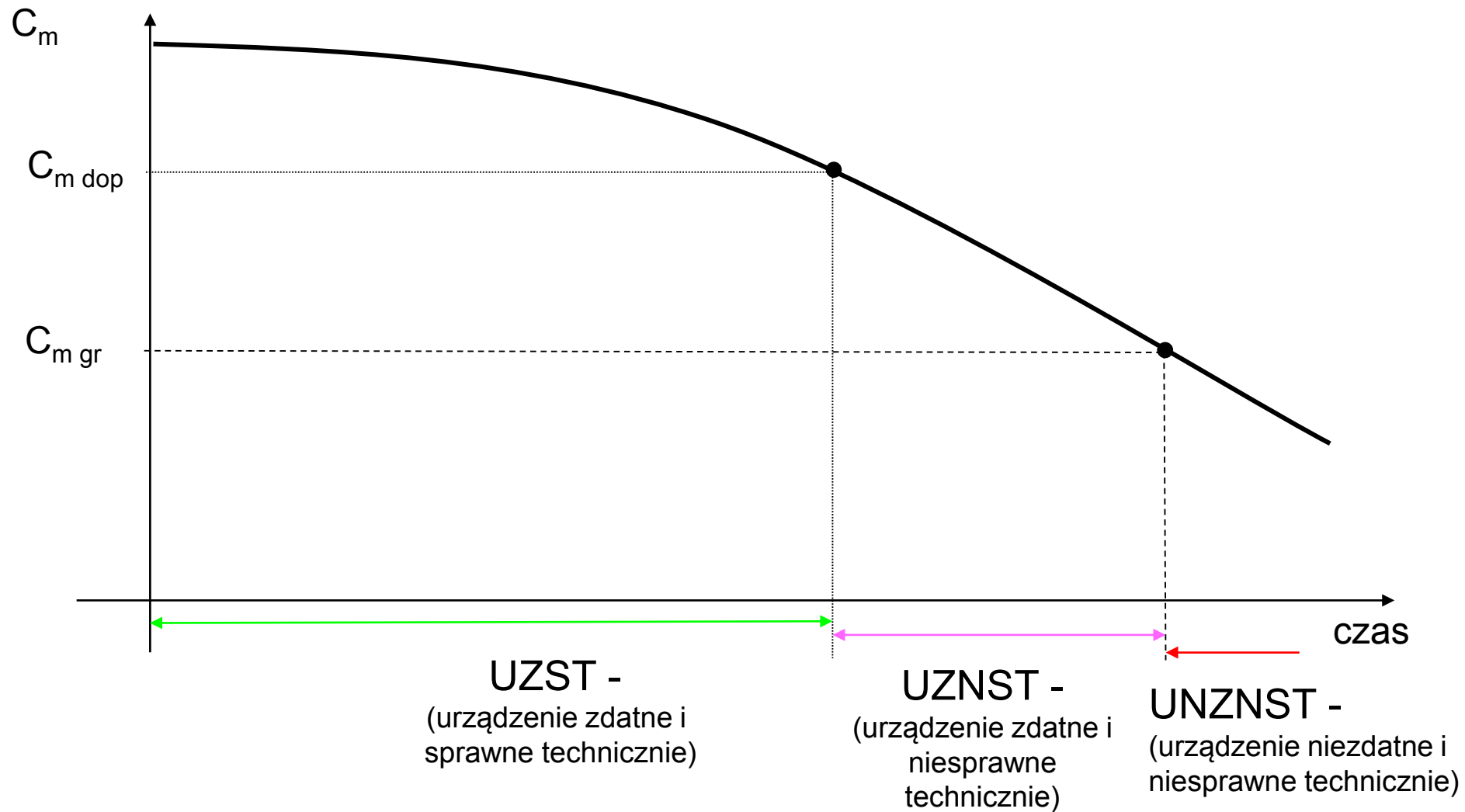
Uszkodzenie – zakłócenie poprawnego funkcjonowania

- jakie uszkodzenia, i w jakich warunkach mogą spowodować całkowite unieruchomienie statku?
- jakie uszkodzenia, i w jakich warunkach mogą narzucić jakiekolwiek ograniczenia w funkcjonowaniu statku?
- jakie uszkodzenia, i w jakich warunkach nie zmieniają w sposób zauważalny (mający praktyczne znaczenie) funkcjonowania statku?

Klasyfikacja wielostanowa



Uszkodzenie – zakłócenie poprawnego funkcjonowania

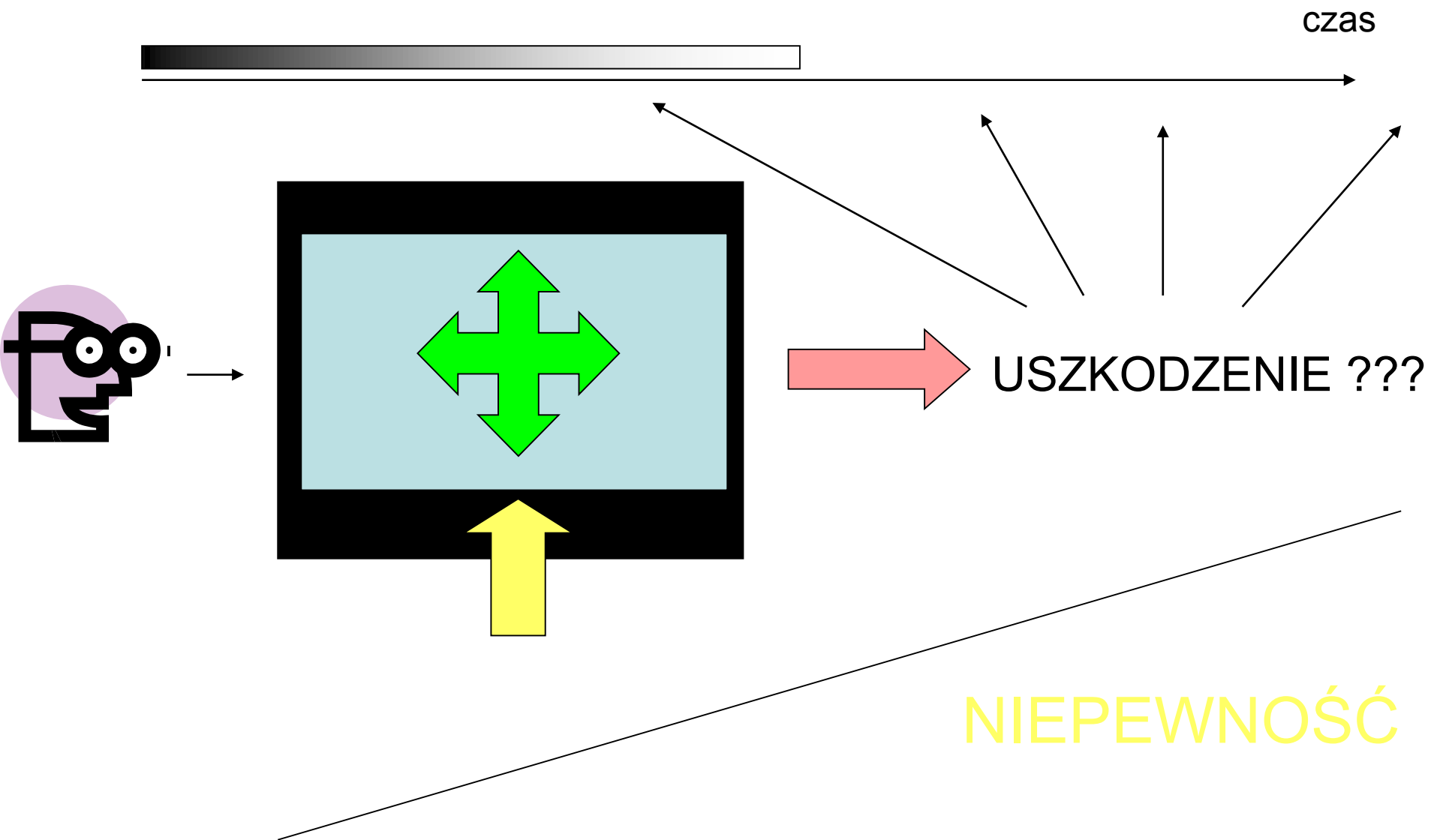


Skutki

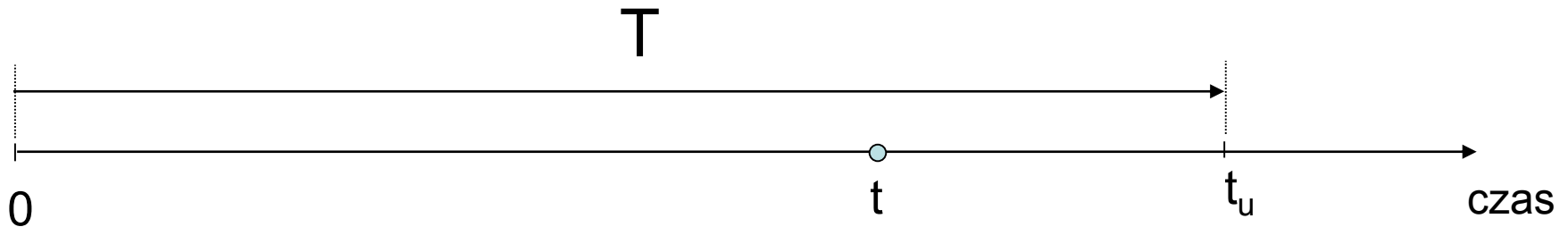


Skutki





Wartościujące określenie niezawodności



Jakie jest prawdopodobieństwo, że obiekt „przeżyje” chwilę t ?

Funkcję:

$$R(t) = P(T \geq t) \quad t \geq 0$$

nazywa się funkcją niezawodności

JAKIE JEST **P**?

USZKODZENIE

WYSTĄPI

NIE WYSTĄPI

JAKIE SKUTKI ?

CO ZROBIĆ ABY
ZMINIMALIZOWAĆ **P**

Wartościujące określenie niezawodności

Niezawodność jest mierzalną właściwością obiektu, a jej miarą jest **prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia** (losowego) polegającego na tym, że obiekt będzie funkcjonował **poprawnie** (bez uszkodzenia) przez wymagany czas w określonych warunkach.

$$R(t) = P(T \geq t) - \text{funkcja niezawodności}$$

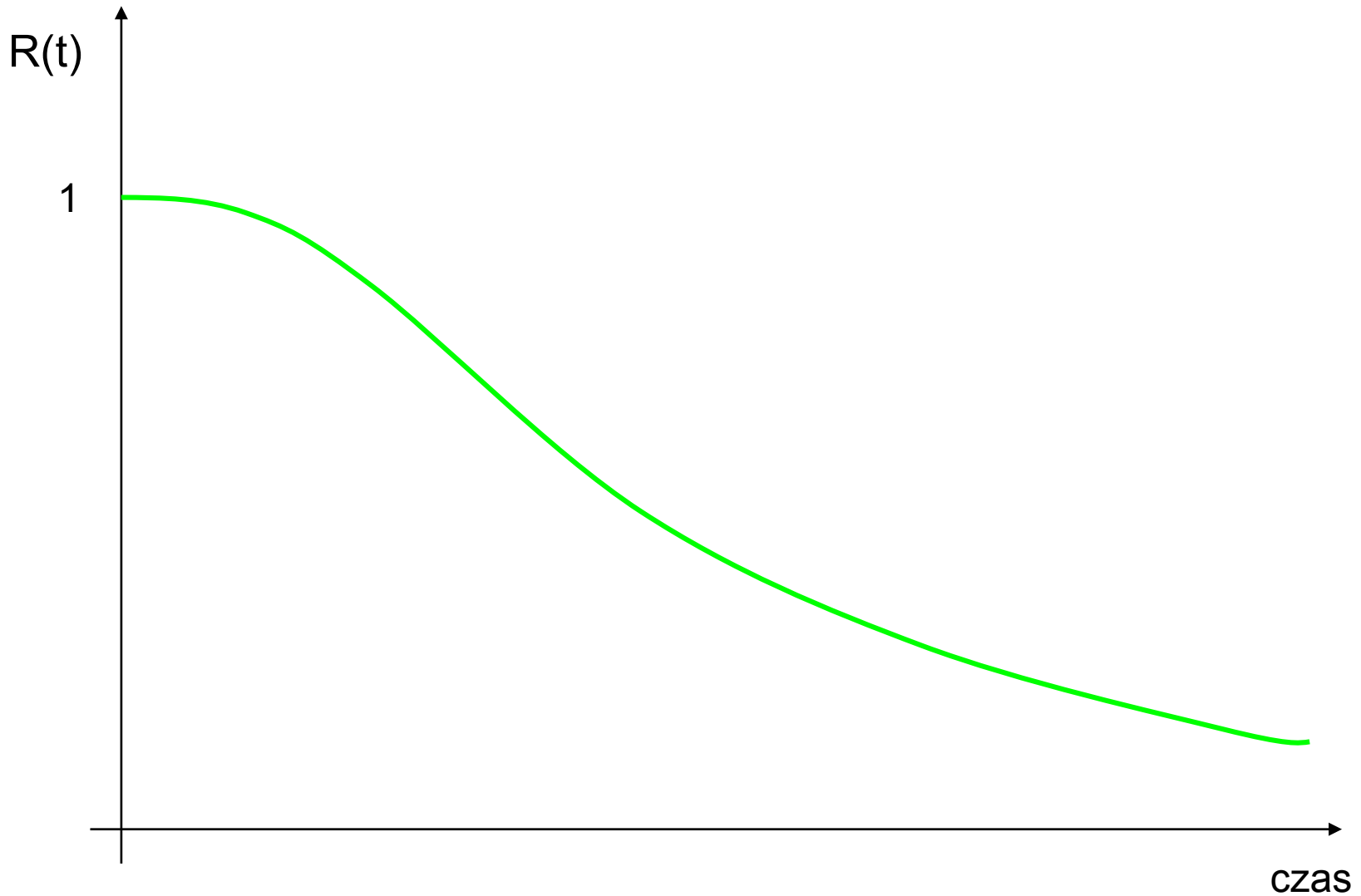
T - czas do uszkodzenia się urządzenia,

t – wymagany czas realizacji zadania

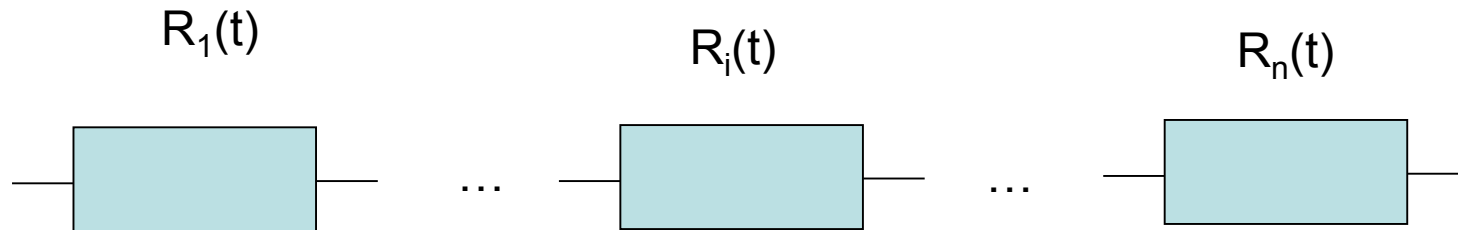
Podstawowe założenia

- Niezawodność obiektu w chwili $t = 0$ jest równa 1;
- Funkcja niezawodności jest malejącą funkcją t ;
- Niezawodność obiektu po czasie nieskończenie długim równa się 0.

Przebieg funkcji niezawodności

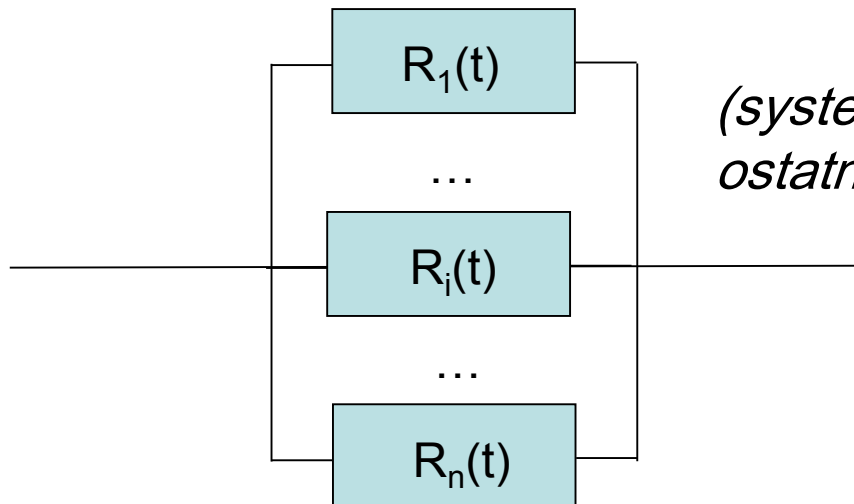


Szeregowa struktura niezawodnościowa



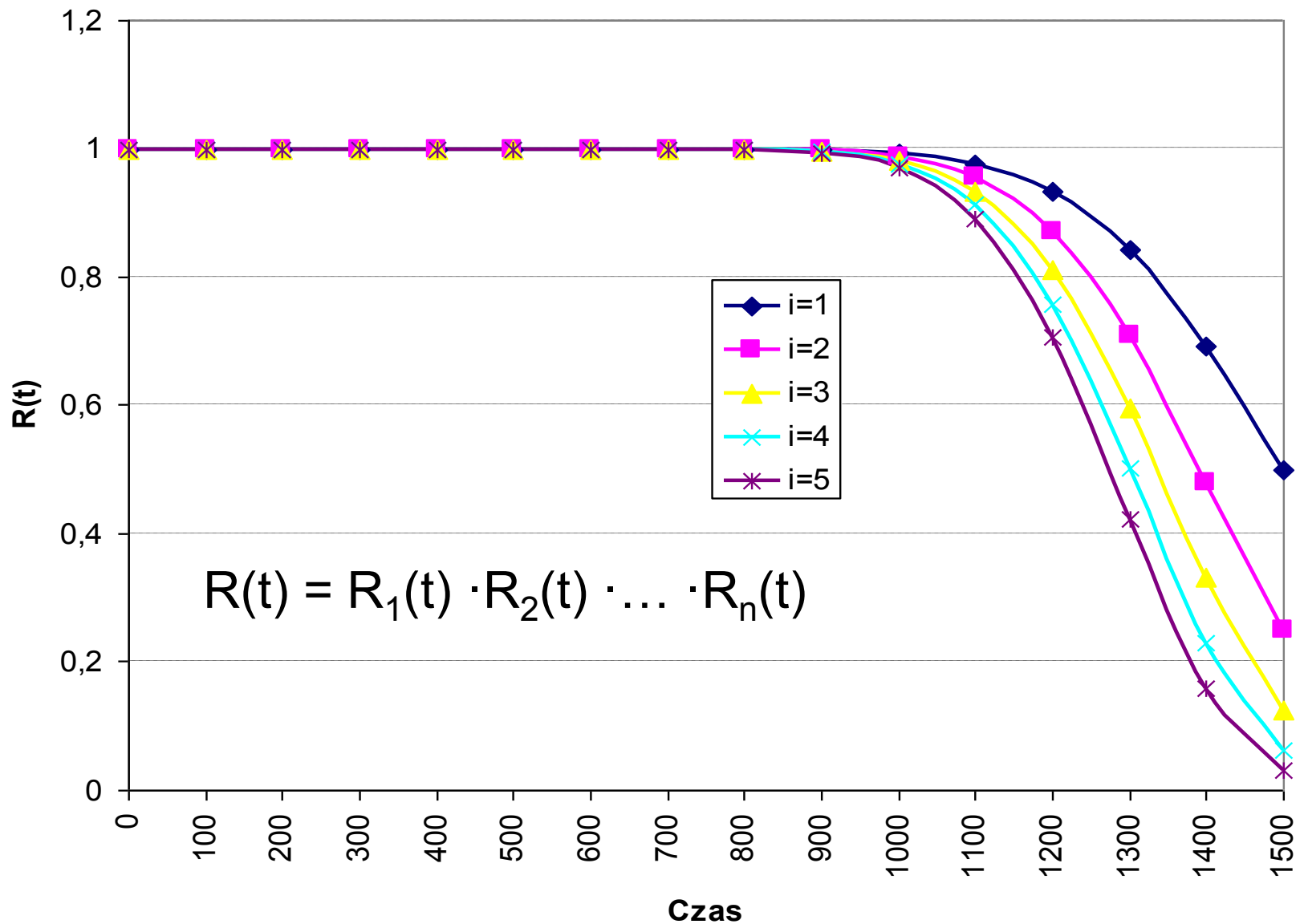
(system ulega uszkodzeniu po uszkodzeniu dowolnego elementu)

Równoległa struktura niezawodnościowa

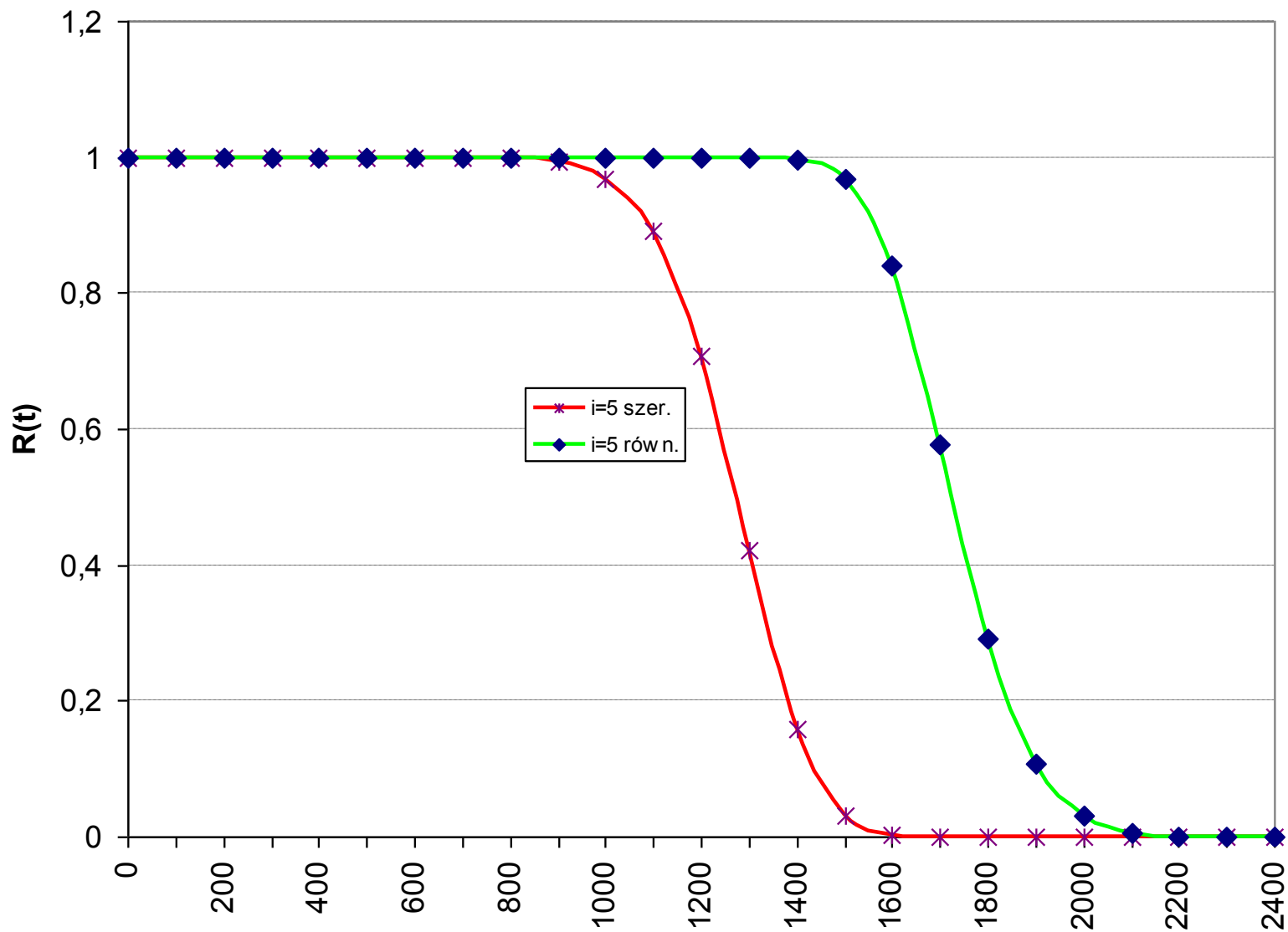


(system ulega uszkodzeniu po uszkodzeniu ostatniego elementu)

Struktura szeregową - niezawodność

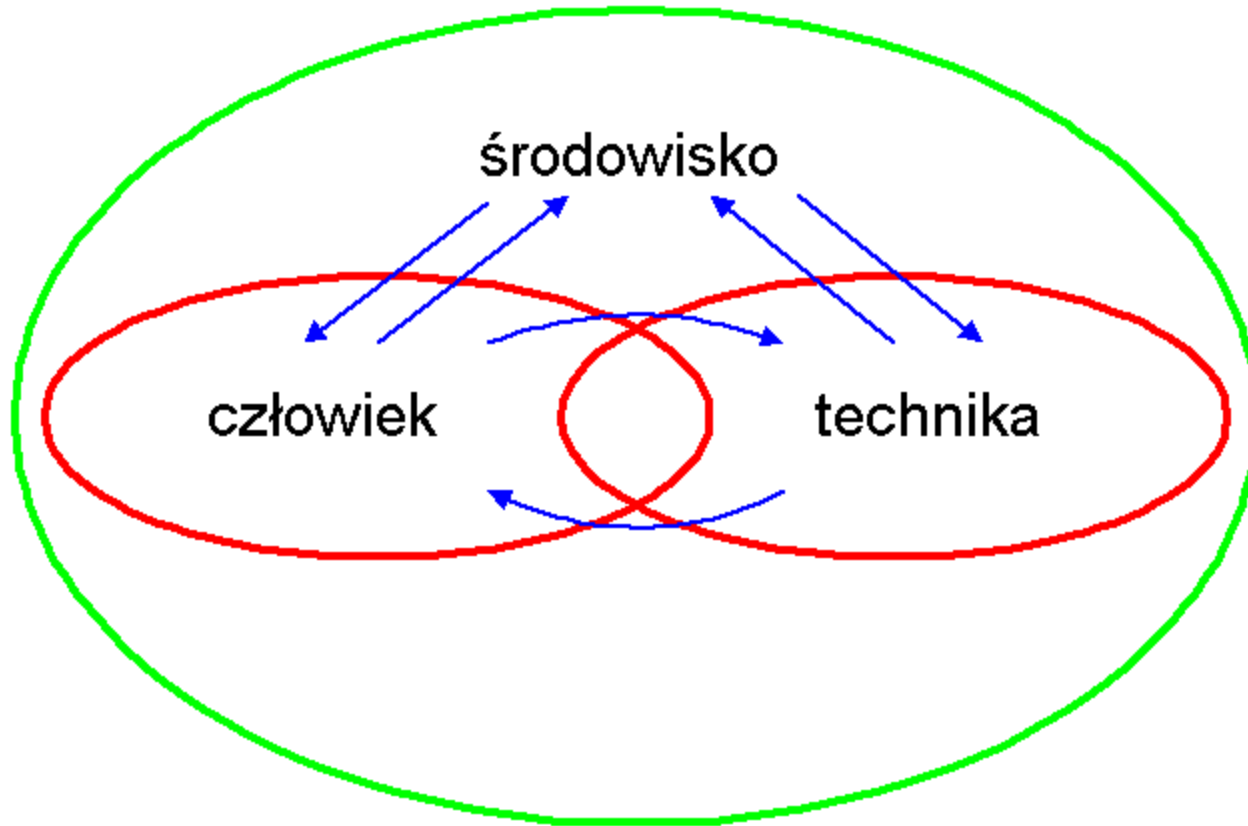


Struktura szeregową oraz równoległą - niezawodność



Czas

Bezpieczeństwo



Bezpieczeństwo jest pojęciem względnym, psychicznym odczuciem, dlatego w nauce o bezpieczeństwie uważane jest za pojęcie pierwotne, podobnie jak **zbiór** w matematyce. Odczucia nie można mierzyć, co powoduje, że bezpieczeństwo nie jest mierzalne.

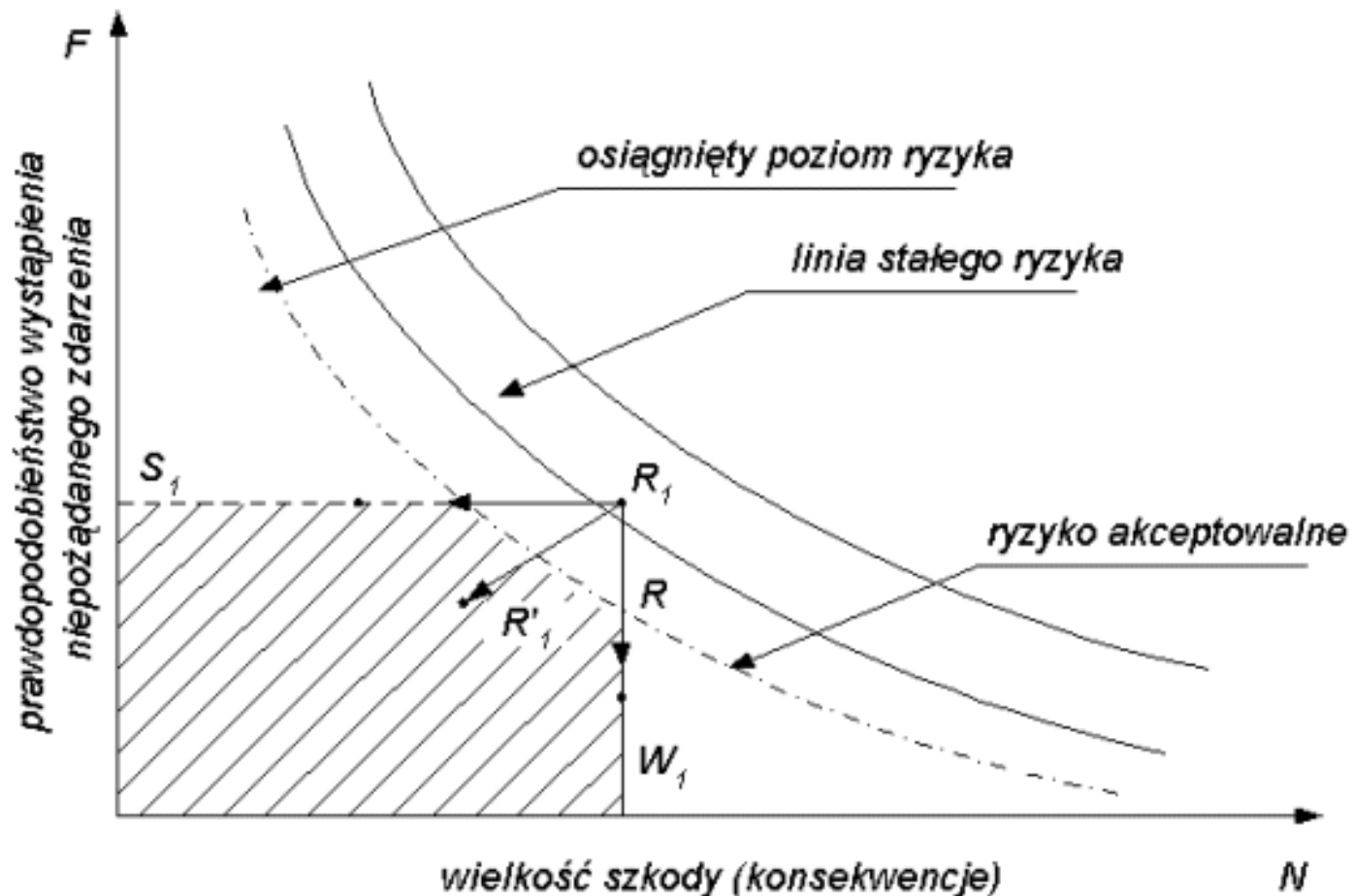
W nauce o bezpieczeństwie definiuje się pojęcie **ryzyka**, które intuicyjnie rozumiane jest jako zaprzeczenie bezpieczeństwa:

$$Ryzyko = P(Z) \times S(Z)$$

$P(Z)$ – zagrożenie katastrofą, czyli prawdopodobieństwo zajścia niesprzyjającego zdarzenia Z ,

$S(Z)$ – strata wywołana zajściem zdarzenia Z .

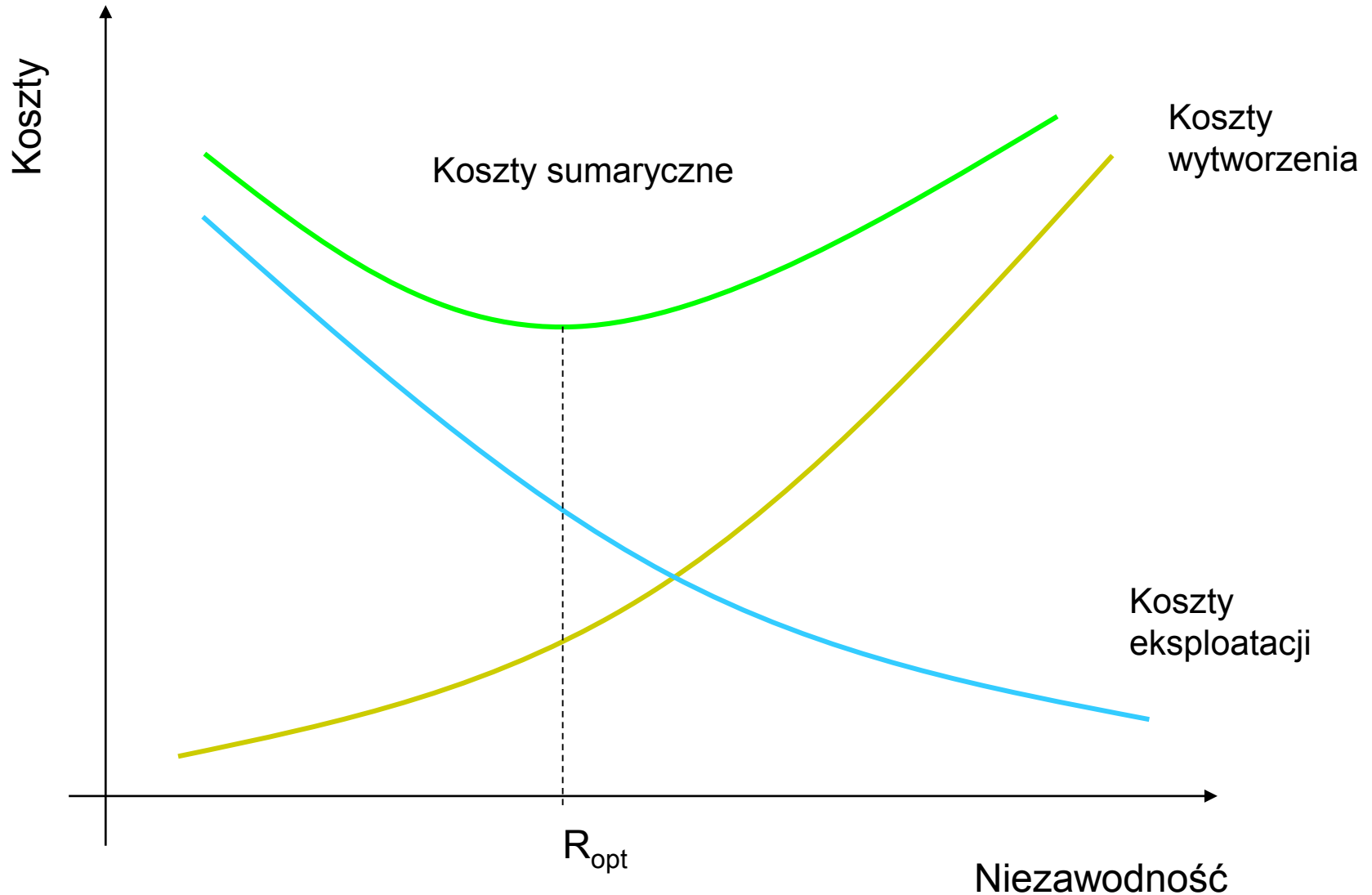
Akceptowalność ryzyka



Przykład wykresu F-N

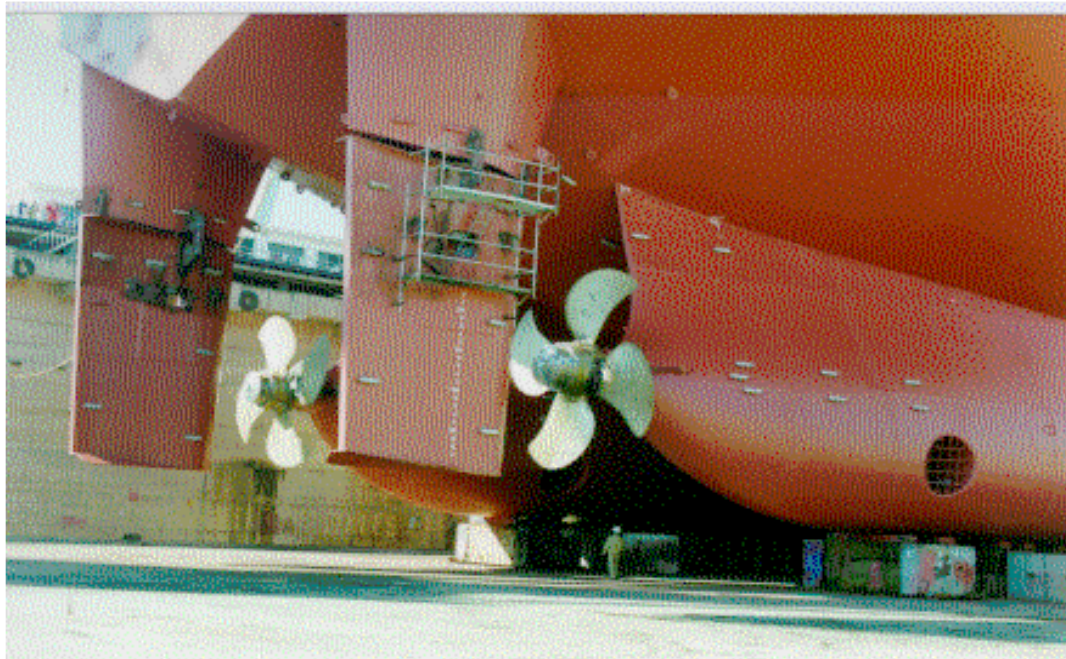
- Jak łatwo zauważyć obniżenie poziomu **ryzyka**, można przeprowadzić w następujący sposób, zmniejszając:
- zagrożenie katastro (prawdopodobieństwo wystąpienia katastrofy), przy ustalonym poziomie strat,
 - straty, przy ustalonym poziomie zagrożenie katastrofą,
 - zarówno straty jak i zagrożenie katastrofą.

Jakość i niezawodność

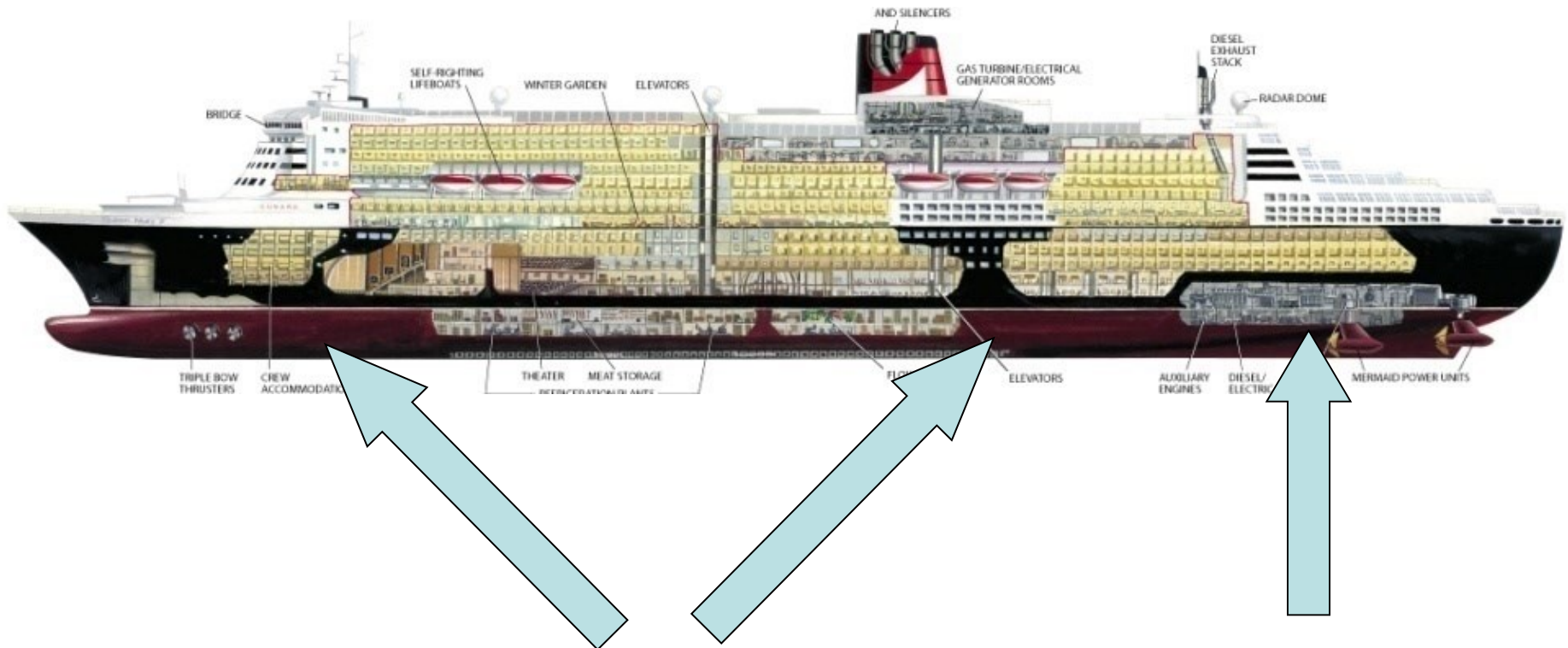


Wybrane sposoby zwiększenia niezawodności funkcjonowania i bezpieczeństwa systemów okrętowych

Redundancja - jest nadmiarem zastosowanego rozwiązania niż wynikałoby to z potrzeby realizacji funkcji celu.



Redundancja



Kadłub

Układ napędowy
i elektrownia okr.

Stopień **redundancji** głównego układu napędowego jest określony przez kombinację dwóch parametrów:

- liczbę linii wałów napędowych i pędników (z jednym pędnikiem lub wieloma),
- liczbę pomieszczeń siłowni (z jednym pomieszczeniem lub wieloma),

We wszystkich przypadkach wymagane są co najmniej **dwa silniki główne**

Towarzystwa Klasyfikacyjne:

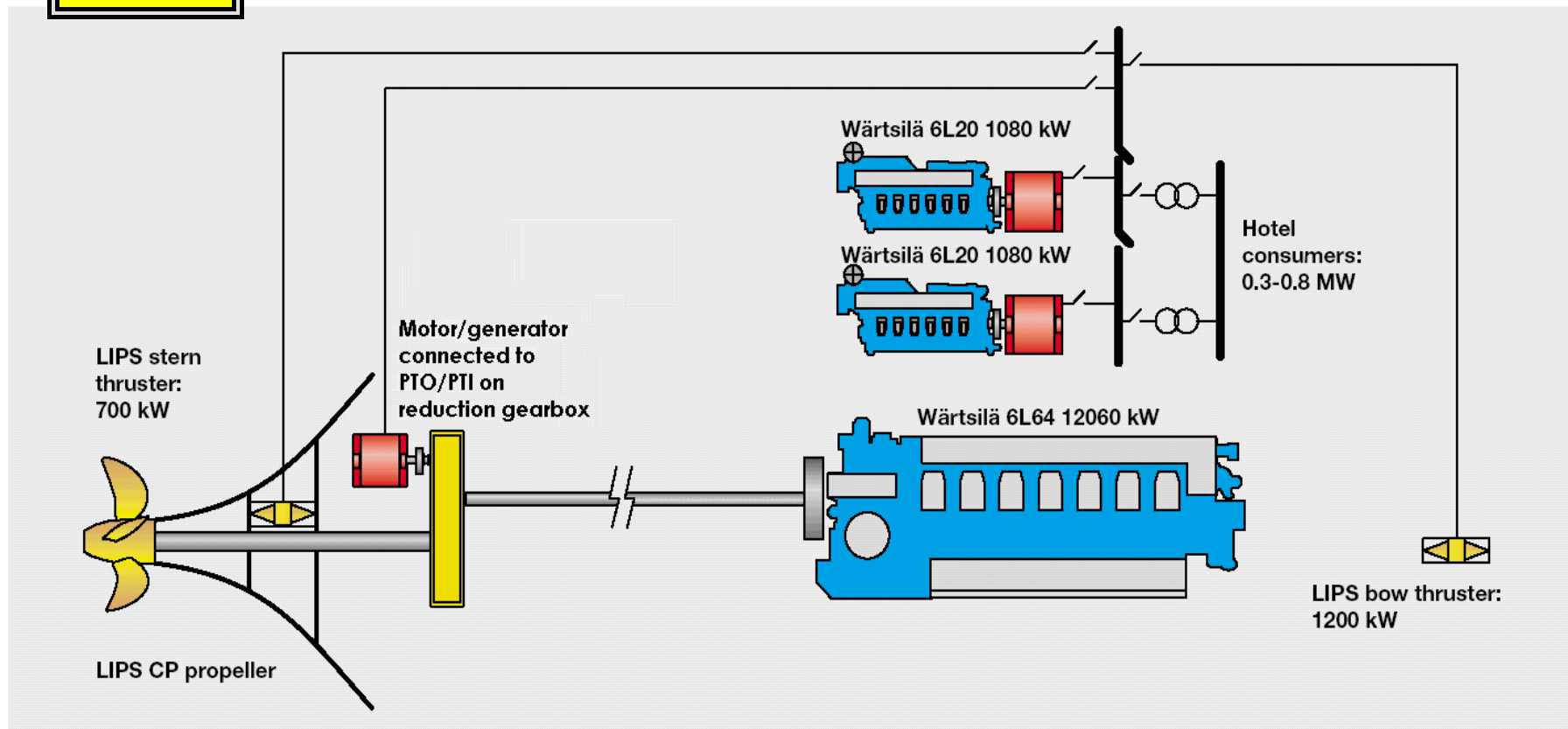
- American Bureau of Shipping
- Lloyds Register of Shipping
- Germanischer Lloyd
- Det Norske Veritas



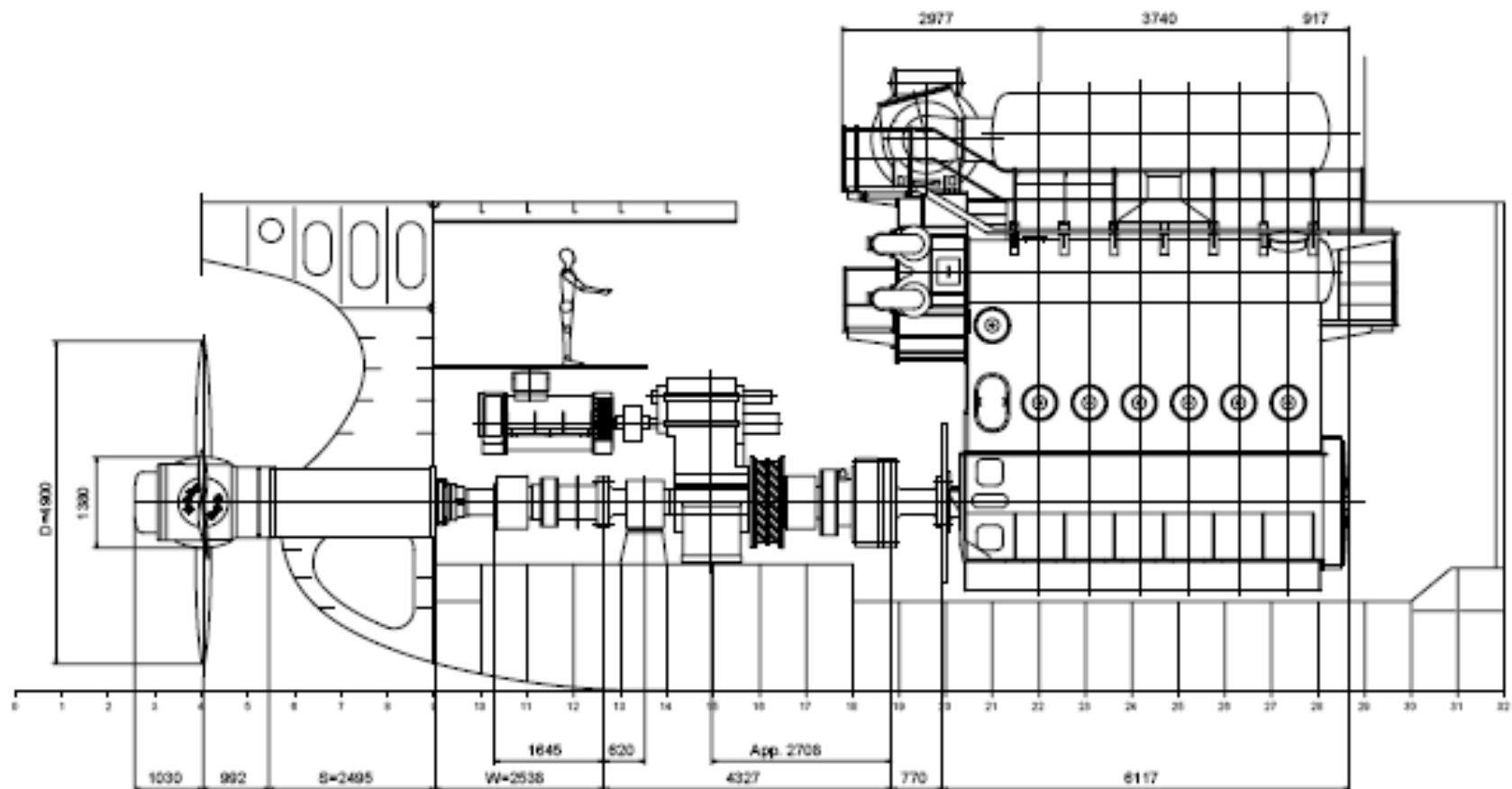
Schemat ideowy głównego układu napędowego i/lub urządzenia sterowego	Notacja klasy w/g Towarzystwa Klasyfikacyjnego			
	GL	LRS	DNV	ABS
	RP1	PMR		R1
			RP	R2
		SMR		
	RP2	PSMR		
		PMR ★	RPS	R1S
				R2S
			SMR ★	
	RP3	PSMR ★		
Objaśnienie:				
	-układ wielosilnikowy z jedną linią wałów			
	-układ wielosilnikowy z niezależną linią transmisji mocy			
	-niezależne od siebie urządzenia sterowe			
	-rozdzielenie pomieszczeń grodzią wodoszczelną i ognioodporną			

Przykłady wybranych rozwiązań okrętowych redundancyjnych układów napędowych

R1



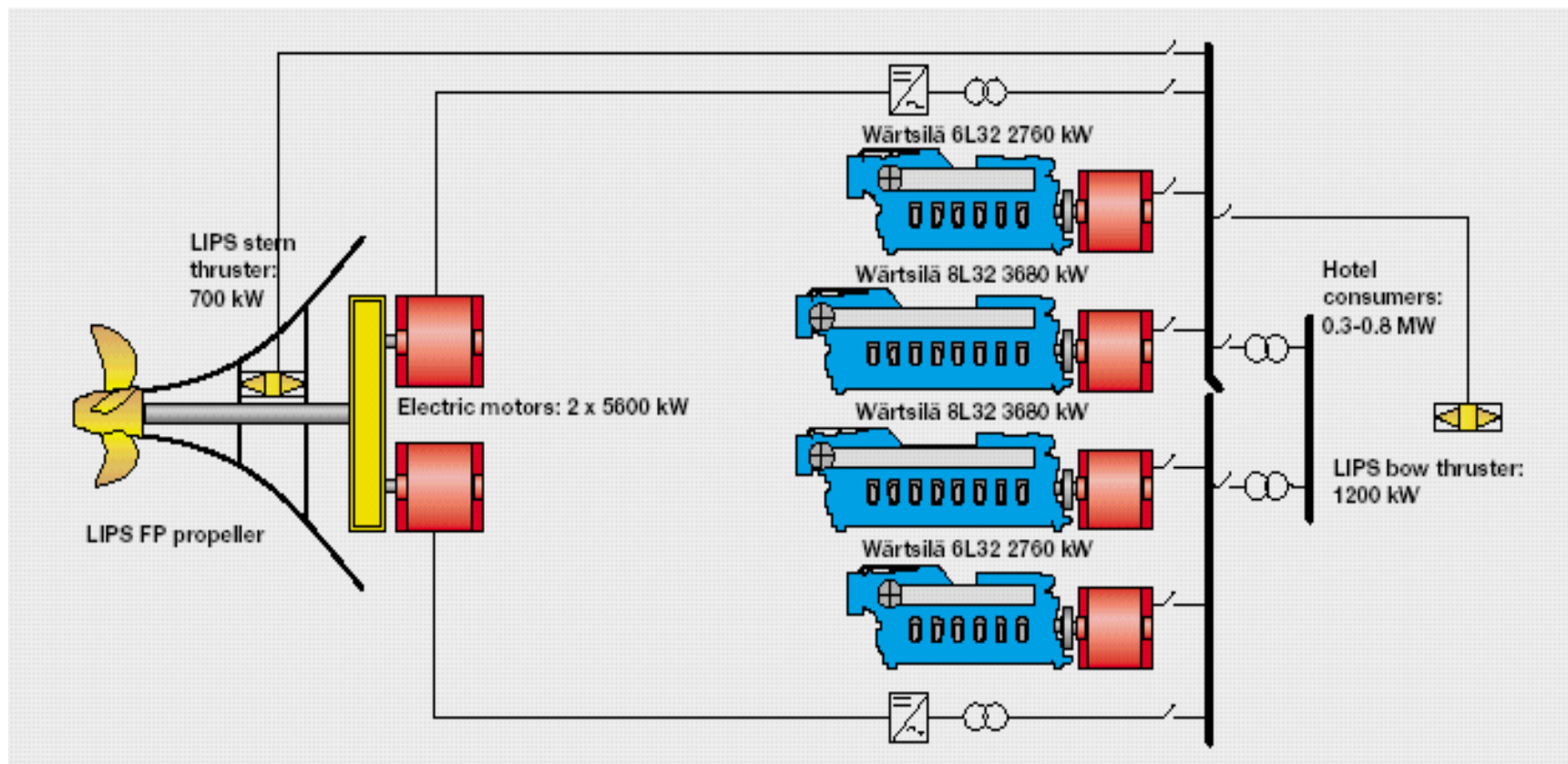
Silnik średnioobrotowy z prądnicą wałową



Compact installation for a 13 500 tdw tanker with a 6S42MC main engine

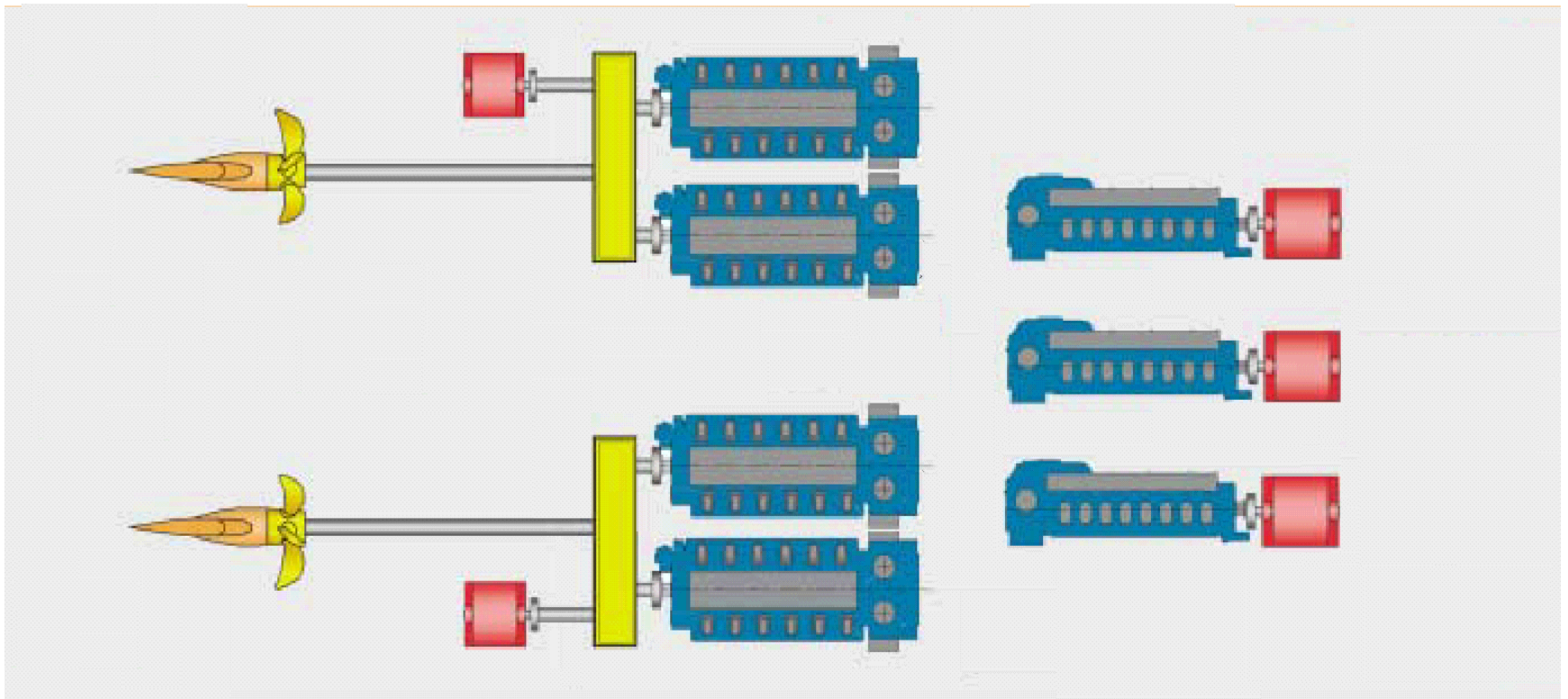


R1



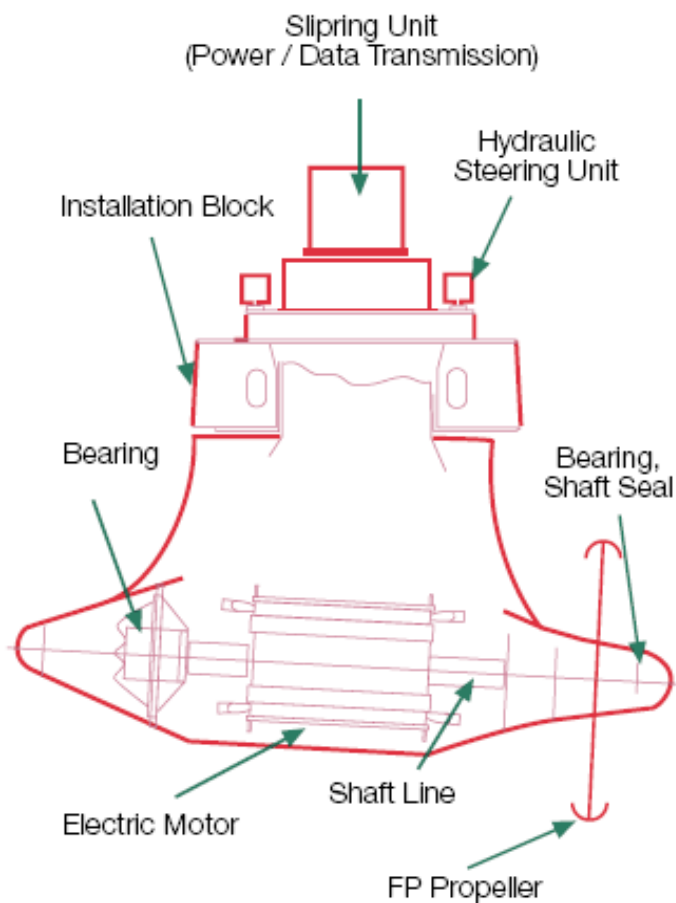
Układ spalinowo-elektryczny

R2



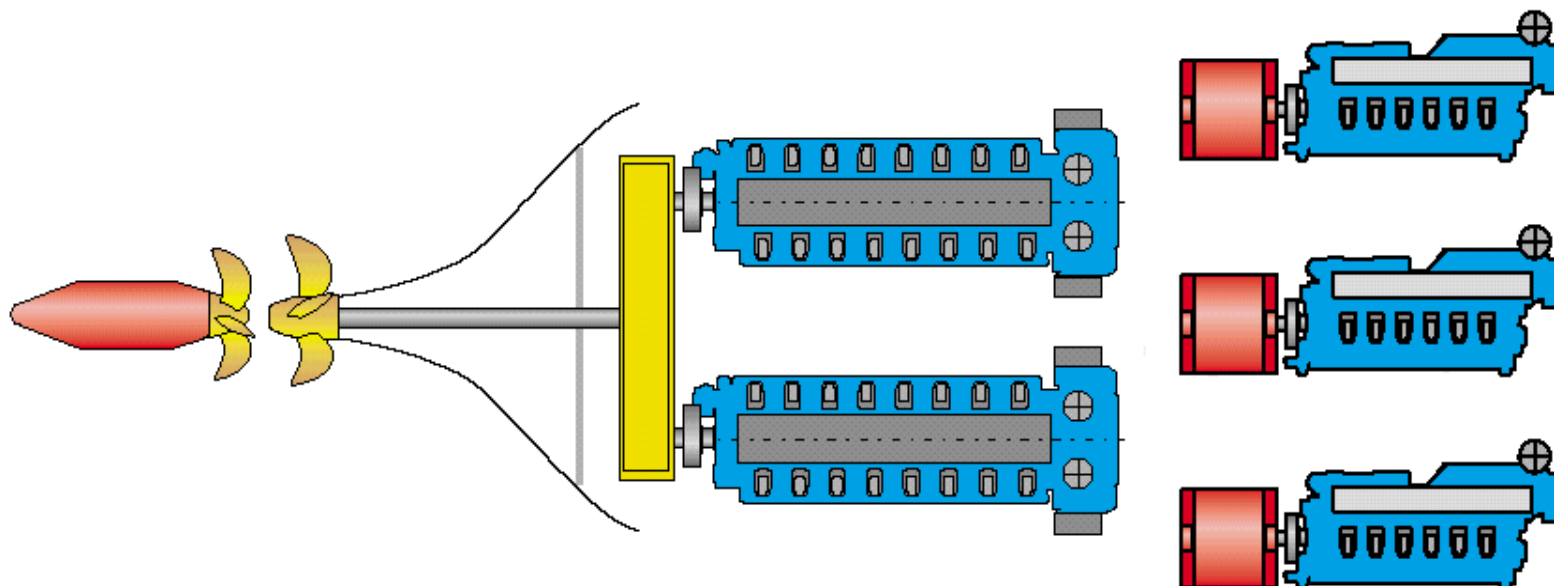
Dwa układy, każdy po dwa średnio-obrotowe silniki spalinowe z przekładnią i śrubą o zmiennym skoku

Układ Azipod®

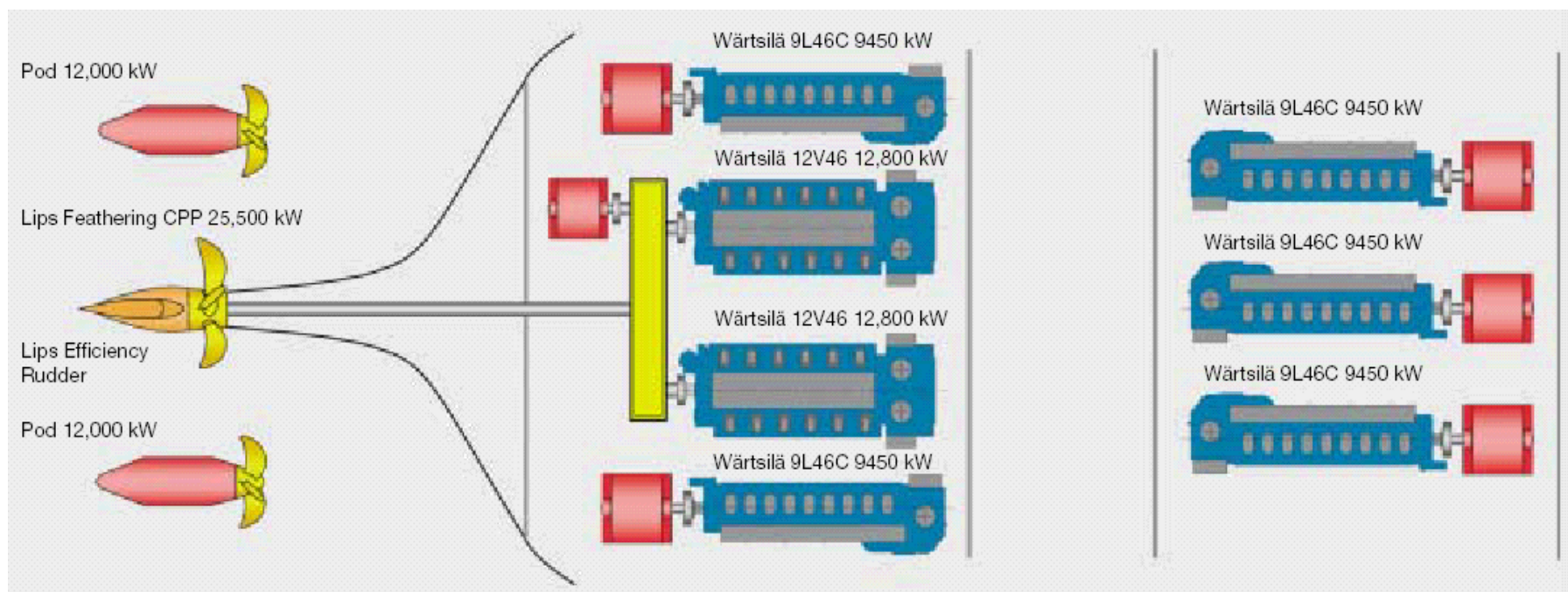


*Radiance of the Seas, 2 x 19,5 MW
Azipod® propulsion*

R2



R2-S



Układ napędowy CODED z dwoma pędnikami
azymutalnymi, jedną śrubą o zmiennym skoku
i płetwą sterową

Przykłady zastosowanych na statkach redundancyjnych układów napędowo- energetycznych

Zbiornikowce typu: Stena V-Max



- DNV +1A1; Tanker for Oil ESP; Nauticius (Newbuilding); PLUS-2; ICE-1B; ETC; E0; VIS-2; NAUT-AW; **RPS**

Zbiornikowce typu: Stena C-MAX



- American Bureau of Shipping- R2

Wycieczkowce klasy Fantasy



- Lloyds Register of Shipping- PSMR★



THE PIONEERS: 'ELIZABETH KNUTSEN' (1997) OF 125,000 DWT (AND 2 SISTERSHIPS)



'NAVION BRITANNIA' (1999) OF 125,000 DWT (AND 4 SISTERSHIPS)



'ENDEAVOUR' (2001) OF 125,000 DWT (AND 4 SISTERSHIPS)



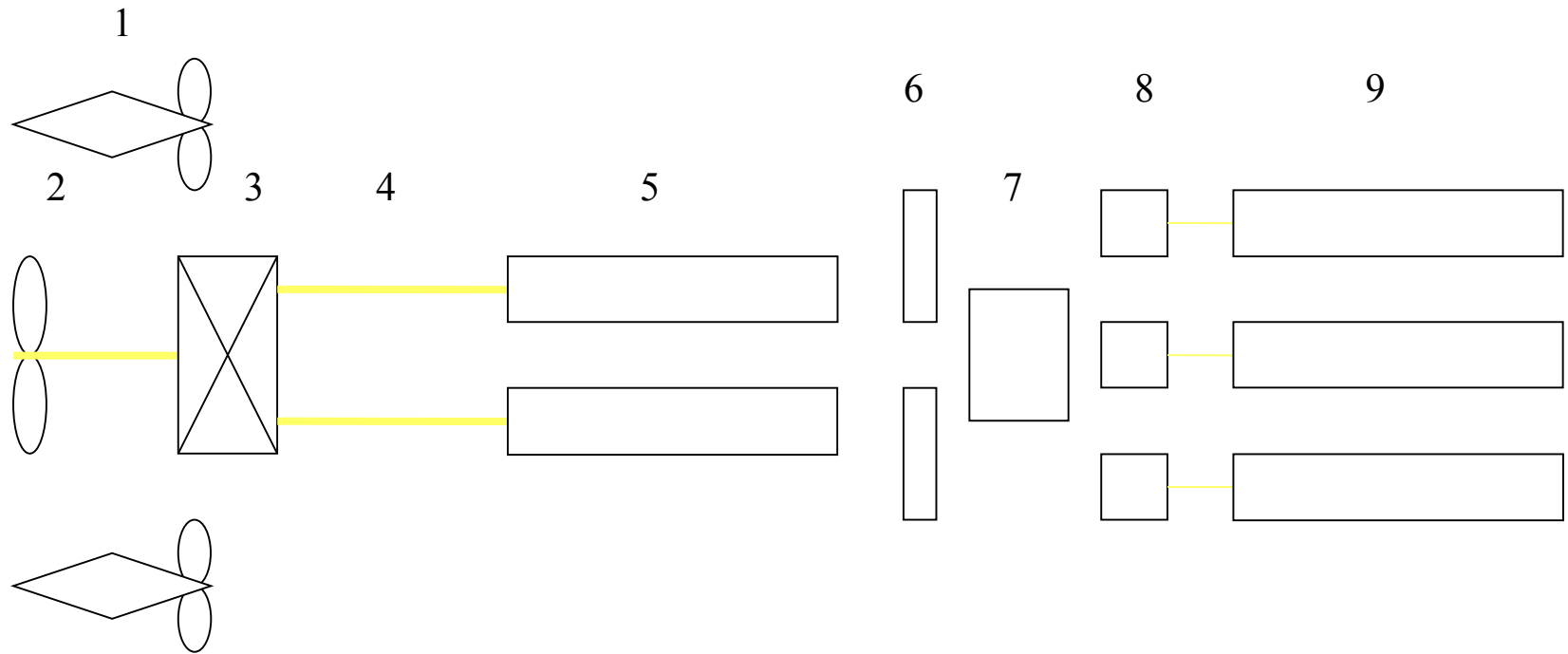
BIG BROTHER: 'STENA VISION' (2001) OF 300,000 DWT

Wycieczkowiec „Explorer of the Seas”



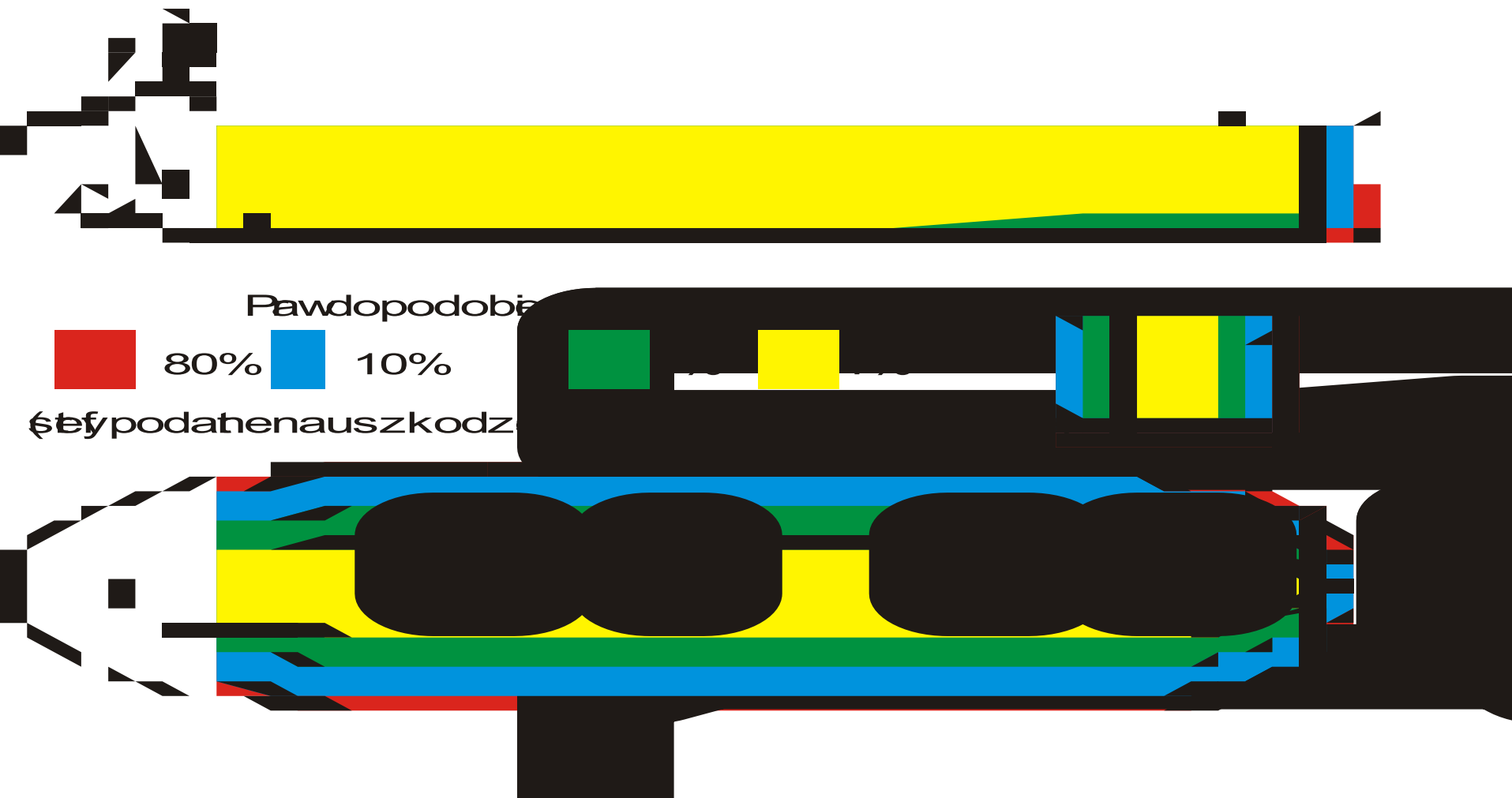
*LRS +1A1; Passenger Ship; E0; LCS-SID; BIS; **PSMR***

Wycieczkowiec „Explorer of the Seas”



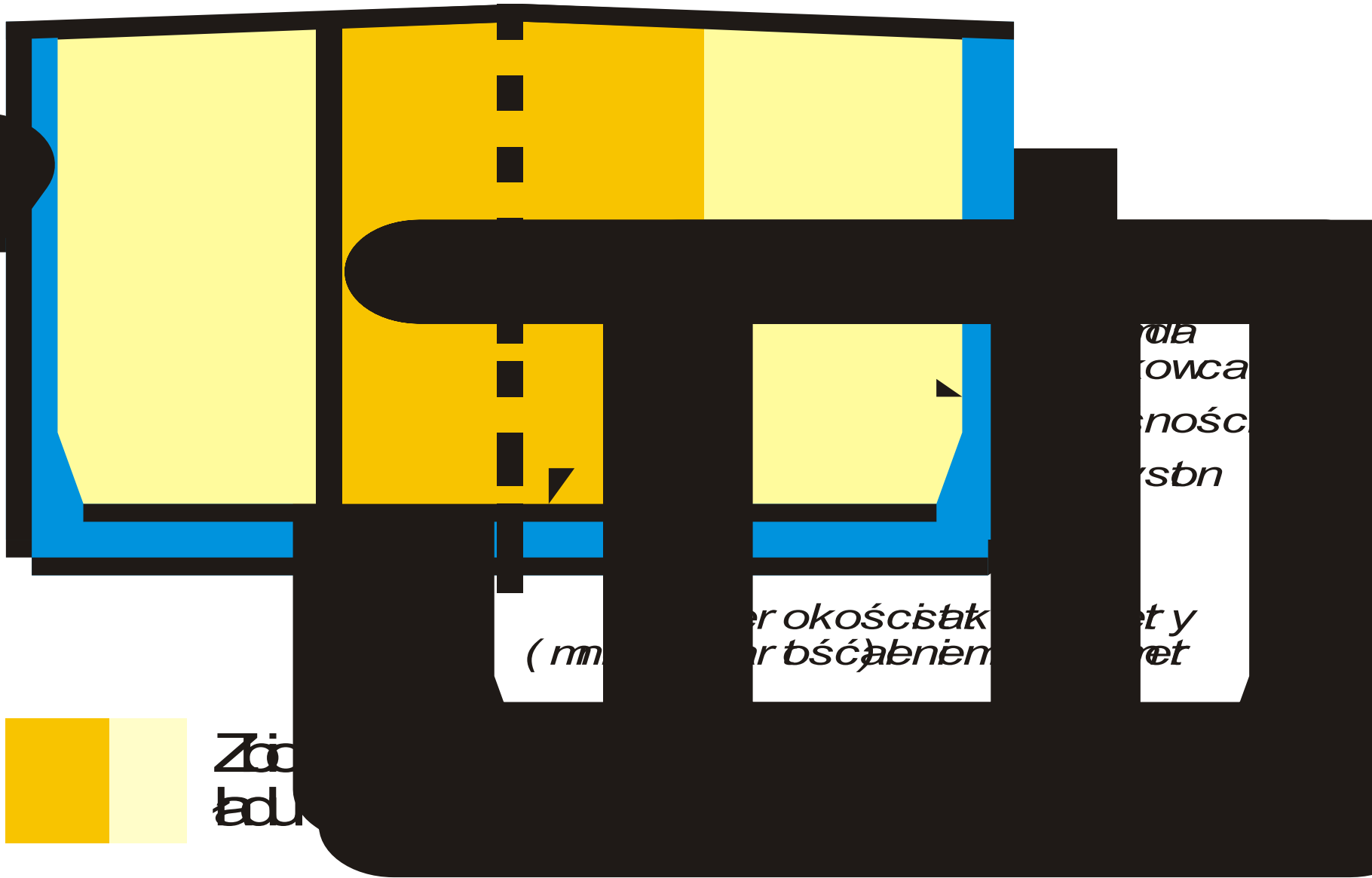
1 – pędnik azymutalny; 2 – śruba okrętowa; 3 – przekładnia mechaniczna; 4 – linia wałów; 5 – silnik główny; 6 – przekształtnik częstotliwości; 7 – Główna Tablica Rozdzielcza (GTR); 8 + 9 – zespół prądotwórczy (8 – prądnica; 9 – silnik spalinowy)

Kadłub



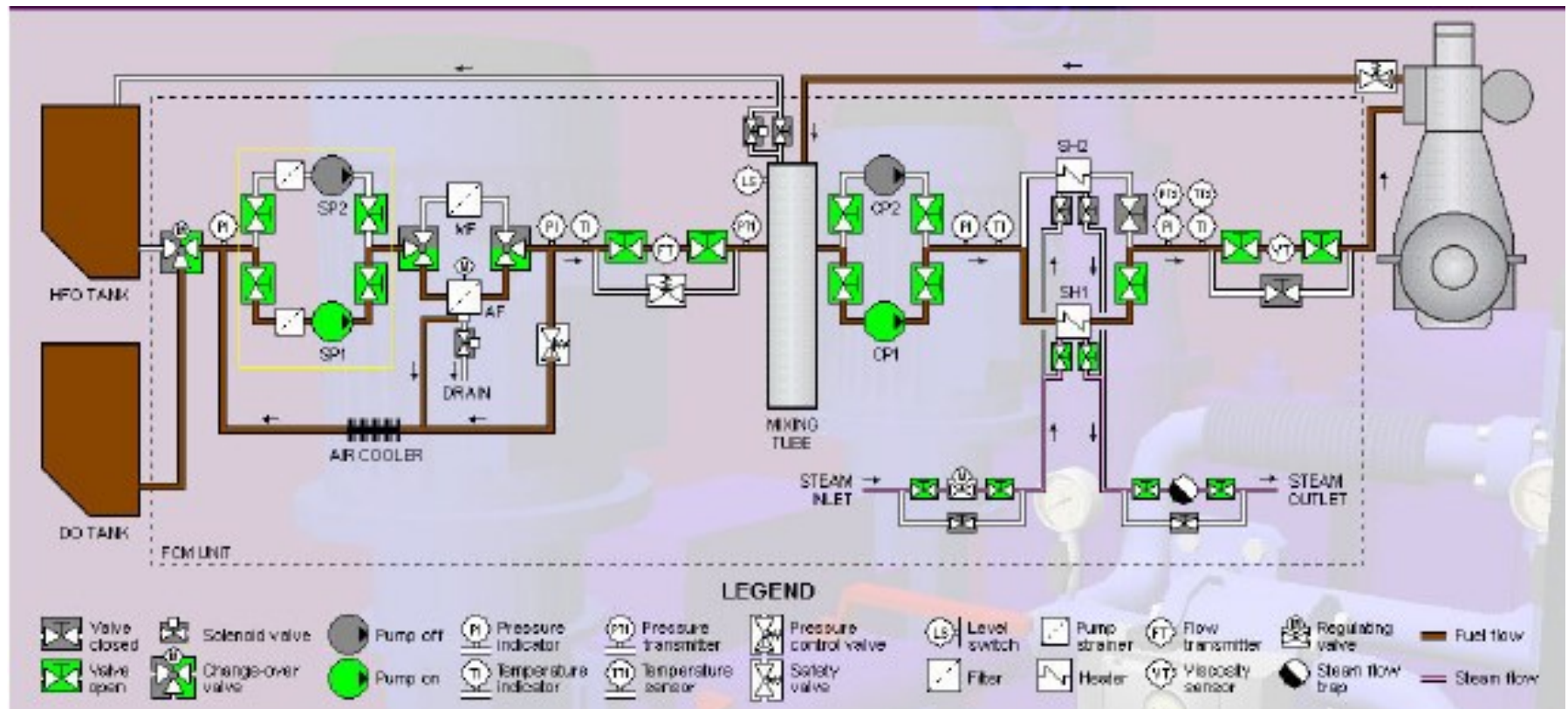
Prawdopodobne strefy uszkodzenia kadłuba zbiornikowca w przypadku kolizji z innym statkiem, wejścia na mieliznę lub otarcia się burtą o stałą przeszkodę

PODWÓJNY KADŁUB *DOUBLE HULL*)

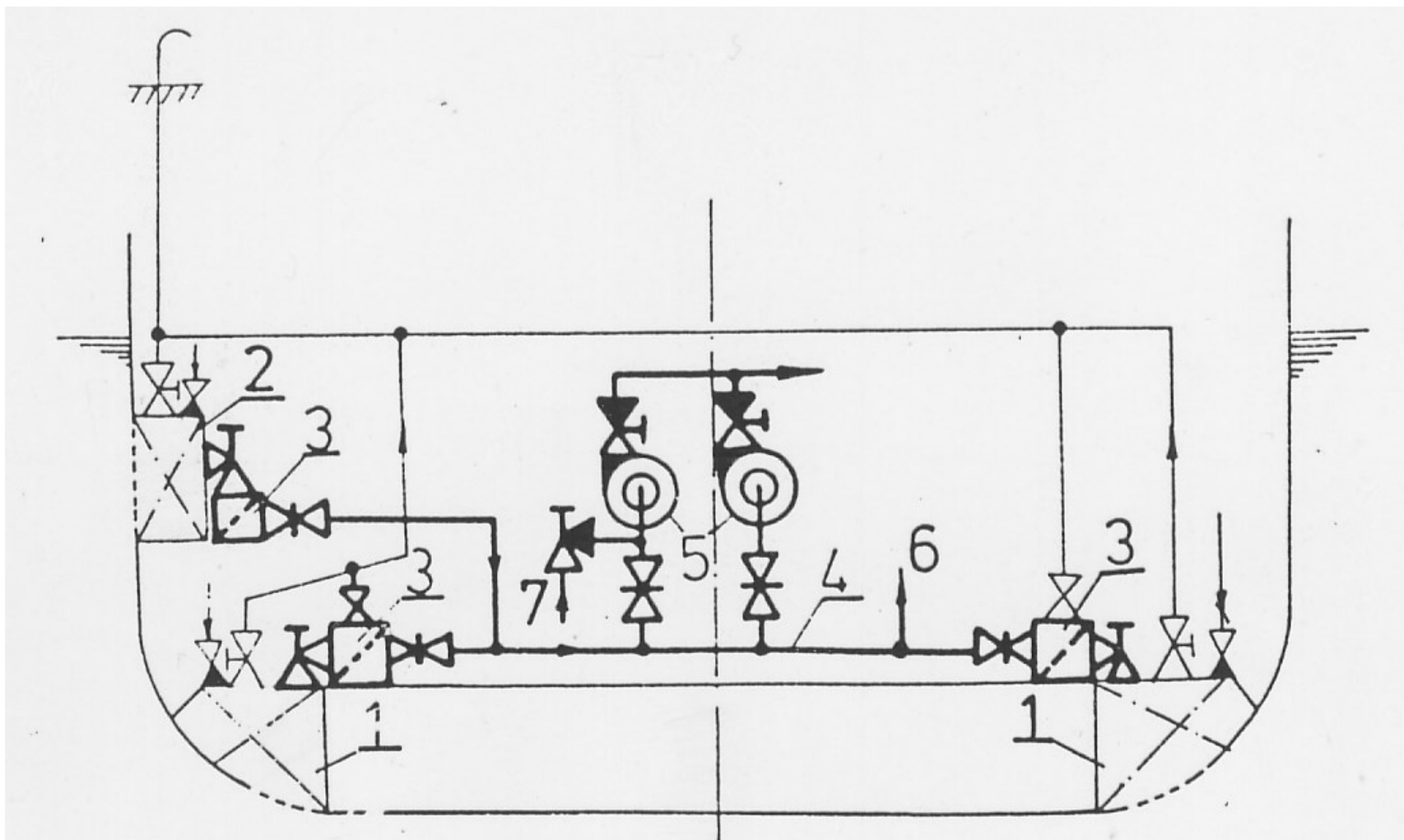


Instalacje rurociągów okrętowych

Przykład – instalacja paliwowa



Przykład – pobór wody zaburtowej





POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA

KATEDRA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH



dr inż. Paweł Szymański

EKOLOGICZNE ASPEKTY EKSPLOATACJI STATKÓW – URZĄDZENIA I INSTALACJE OCHRONY ŚRODOWISKA

Zagadnienia

1. Strategie ochrony środowiska.
2. Charakterystyka zagrożeń środowiskowych ze strony siłowni okrętowej (statku)
3. Akty prawne dotyczące ochrony środowiska morskiego.
4. Metody minimalizacji emisji szkodliwych substancji

STRATEGIE OCHRONY ŚRODOWISKA

W latach 50-tych i 60-tych stosowano strategię rozcieńczania.

W latach 70-tych obowiązywała strategia filtrowania

W latach 80-tych zalecano i stosowano strategię recyrkulacji.

Obecnie:

model **zrównoważonego rozwoju, preferujący strategię, która ma zapobiegać powstawaniu odpadów u źródła, czyli w procesach wytwórczych.**

Rozwój zrównoważony to rozwój który nie zagraża środowisku naturalnemu, pozwalający przyszłym pokoleniom czerpać z zasobów Ziemi tyle samo ile nam się udaje dzisiaj.

CZYSTA PRODUKCJA

Czysta Produkcja jest sposobem na dostarczanie żywności, towarów i usług w systemach zaprojektowanych rozważnie, tak aby uniknąć stosowania niebezpiecznych substancji i produkcji toksycznych odpadów. Wprowadzane surowce i energia są odnawialne, wykorzystywane ponownie i zachowywane. Przy projektowaniu i wprowadzaniu takich systemów bierze się także pod uwagę zdrowie pracowników i społeczeństwa oraz miejscową sytuację ekonomiczną, geograficzną i kulturową.

Wszelkie strategie zmierzające w jakimś stopniu w kierunku Czystej Produkcji określane są często jako minimalizacja odpadów, technologia małoodpadowa lub bezodpadowa, czystsza technologia, czystsza produkcja lub redukcja odpadów. Wszystkie te strategie charakteryzują się wspólną zasadą odrzucającą rozcieńczanie czy rozpraszanie odpadów, jak również usuwanie lub przemieszczanie powstałych zanieczyszczeń.

stężenie masowe: w g/kg, mg/kg, $\mu\text{g/kg}$, ng/kg, % (m/m), ‰ (m/m), ppm (m/m)....

stężenie objętościowe: w m^3/m^3 , cm^3/m^3 , mm^3/m^3 , % (V/V), ‰ (V/V), ppm (V/V)....

stężenie masowo-objętościowe: w kg/m^3 , g/m^3 , mg/m^3 , $\mu\text{g/m}^3$, mg/dm^3

USA		Polska
million	10^6	milion
billion	10^9	miliard = tysiąc milionów
trillion	10^{12}	bilion = milion milionów
quadrillion	10^{15}	biliard = tysiąc bilionów

Skrót ppm (part per million) oznacza jedną milionową część stosunku dwóch jednakowych wartości tej samej wielkości, a więc np. stosunek objętości 1 cm^3 do 1 m^3 lub stosunek masy 1 mg do 1 kg ($1 \mu\text{g}$ do 1 g)

ppm(V/V) ppm(m/m)

jedna część na milion części

ppb (part per billion)

jedna część na miliard części

ppt (part per trillion)

jedna część na bilion części

ppq (part per quadrillion)

jedna część na biliard części

ŚWIATOWE PROBLEMY ŚRODOWISKOWE

Atmosfera

Światowe ocieplenie
Niszczzenie warstwy
ozonowej
Kwaśne deszcze
Smog

Ziemia

Wyniszczanie lasów tropikalnych
Pustynnienie, erozja gleby
Zmniejszenie się liczby dziko
żyjących gatunków zwierząt i
innych stworzeń

Morze

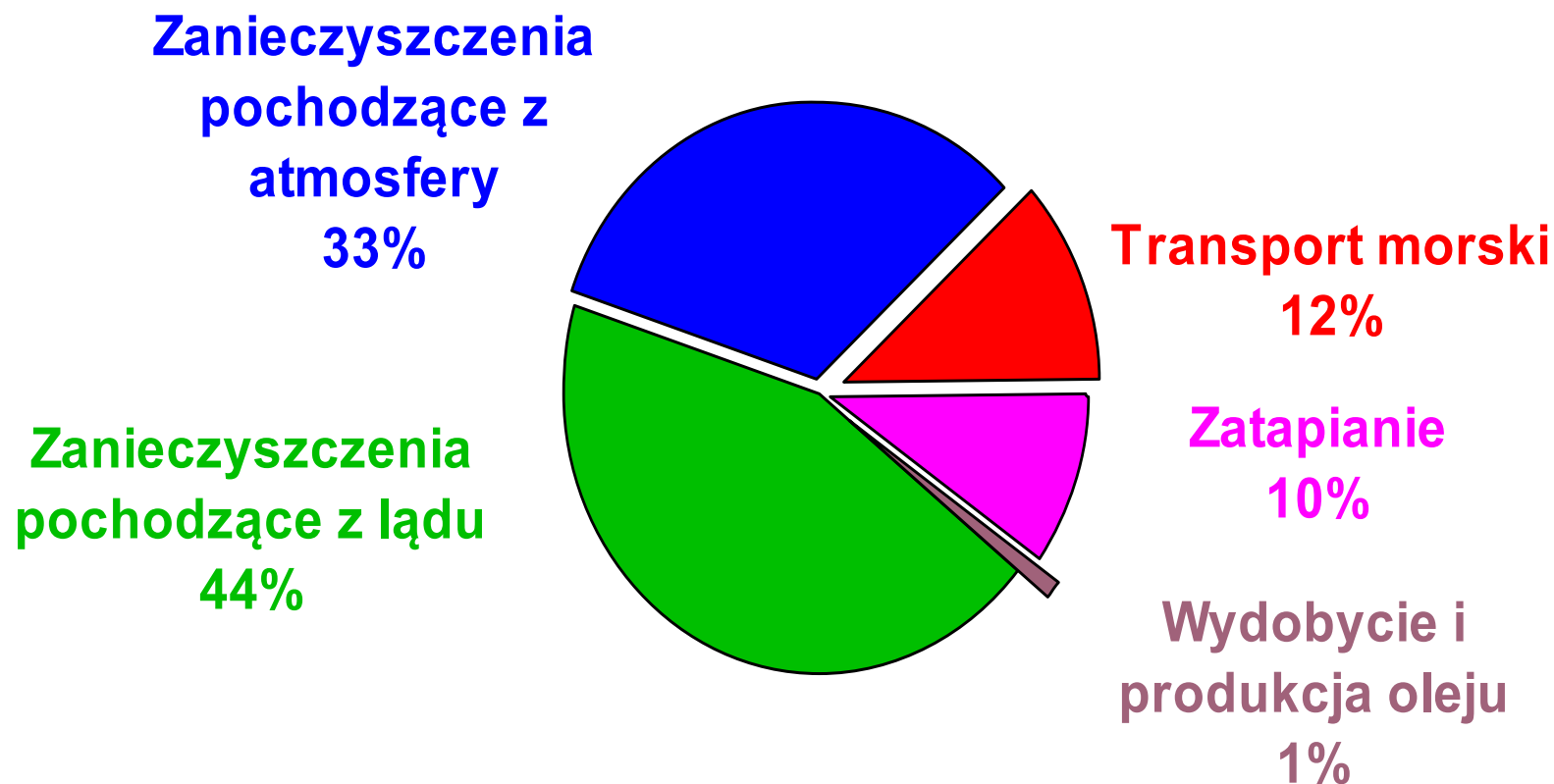
Zanieczyszczenie wody różnymi szkodliwymi substancjami
Masowe odławianie stworzeń morskich

Odpady

Ścieki
Śmieci
Wraki statków

Substancje radioaktywne
Produkty petrochemiczne
Odpady niebezpieczne

PRZYBLIŻONY ROZKŁAD ZANIECZYSZCZEŃ MORZA W WYNIKU DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA



Group of Experts on the Scientific
Aspects of Marine Pollution (GESAMP),

DEFINICJA I CHARAKTERYSTYKA ZANIECZYSZCZENIA MORZA

Zanieczyszczeniem środowiska morskiego jest wprowadzenie bezpośrednio do morza substancji lub energii wywołujących takie skutki jak uszkodzenie źródeł życia, szkodzenie zdrowiu ludzkiemu i aktywności ludzkiej na morzu, pogorszenie jakości wody oraz zmniejszenie estetyki środowiska morskiego.

(Konferencja Ochrony Środowiska Człowieka, Sztokholm, 1972).

Charakter powstania zanieczyszczenia

- celowe (zgodne z obowiązującymi normami lub bezprawne)
- losowe (awarie, katastrofy, wejścia na mieliznę, wypadki spowodowane błędami ludzkimi)
- *naturalne (wycieki ropy z dna morskiego – Zatoka Meksykańska 2010 rok)*

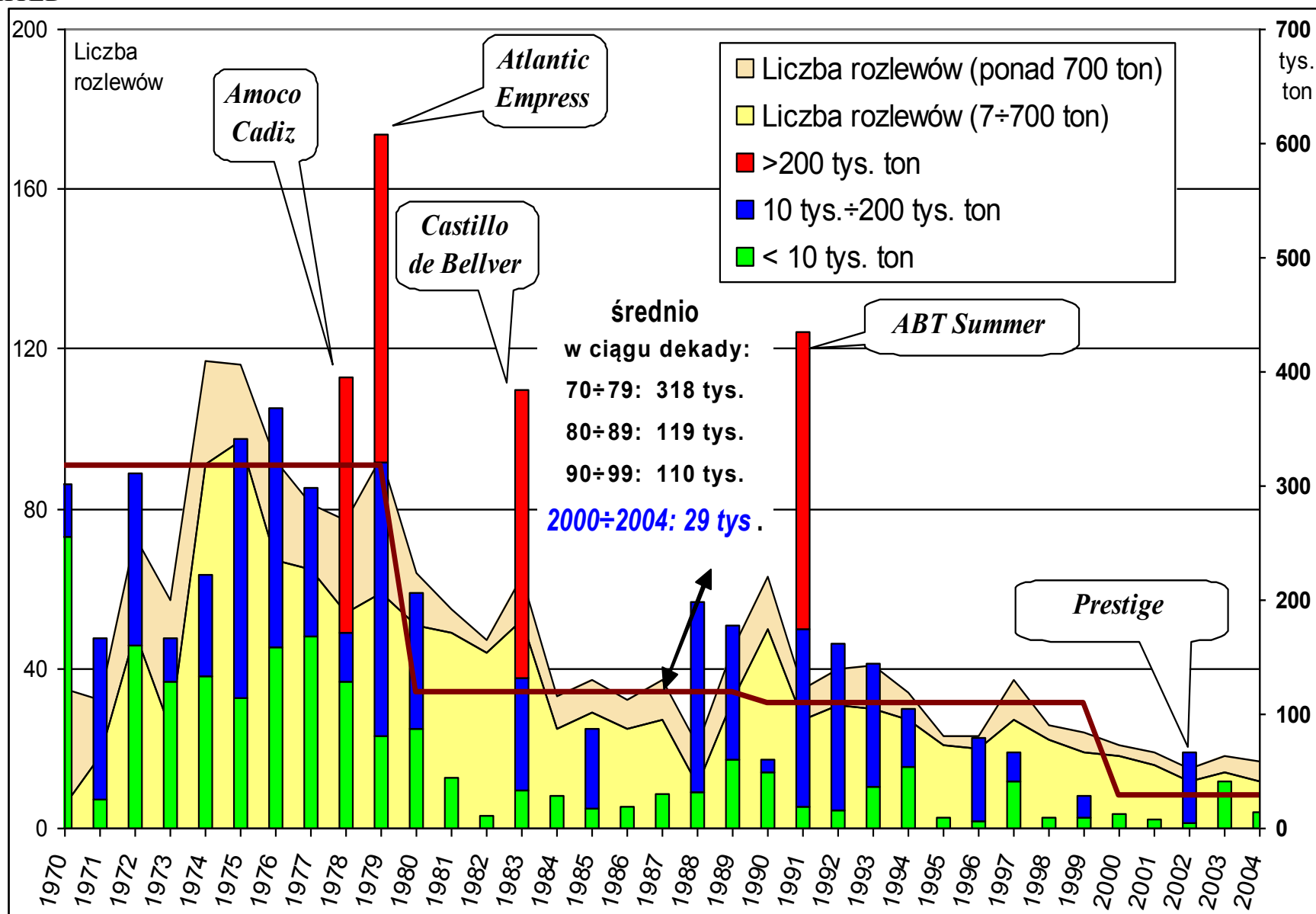
Zanieczyszczenia z jednostek pływających

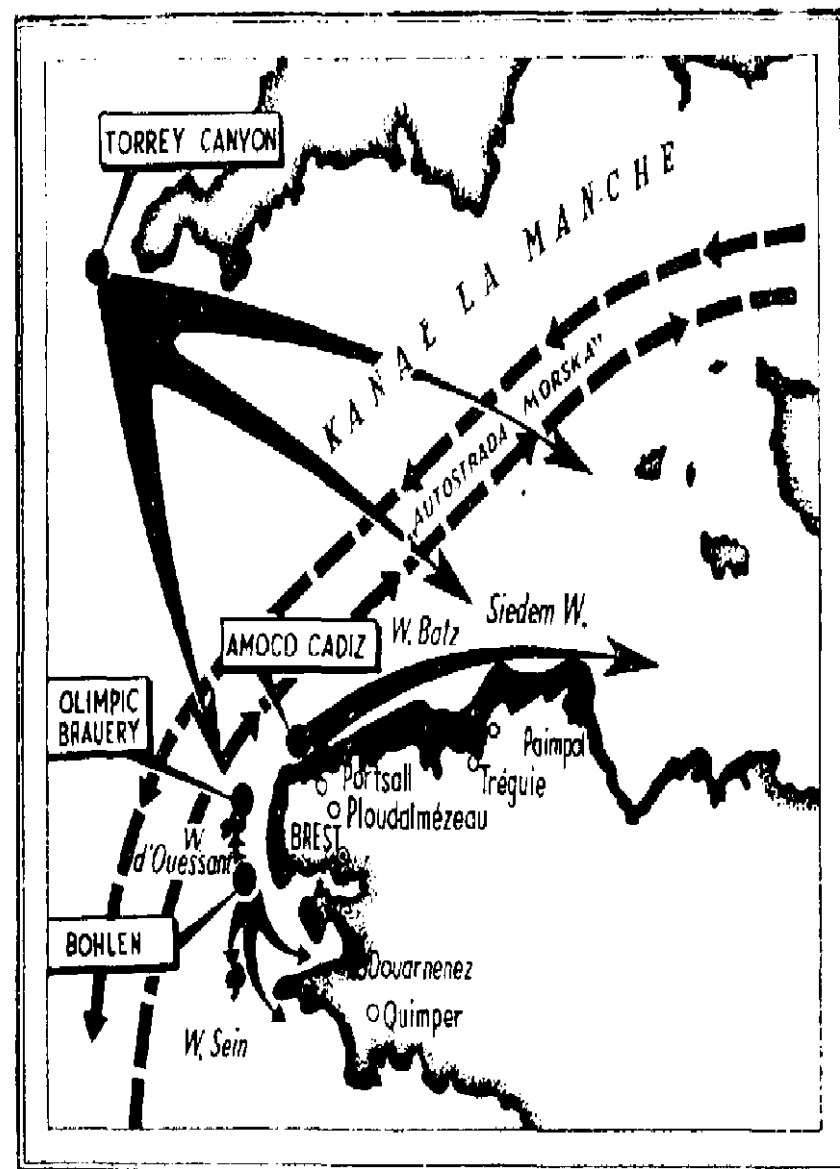


Liczba i wielkość rozlewów olejowych na świecie w latach 1970 ÷ 2004

www.itopf.com

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION
LIMITED





Miejsca katastrof zbiornikowców
TORREY CANYON, AMOCO CADIZ,
OLIMPIC BRAUERY I BOHLEN
na wejściu do kanału La Manche

Erica

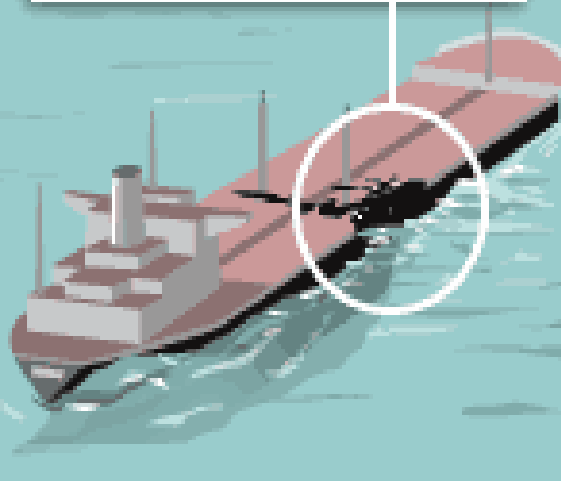


PRESTIGE

16 listopad 2002

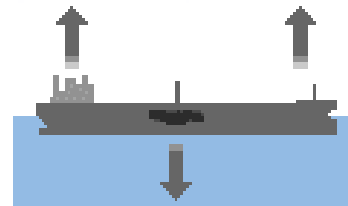
STRICKEN OIL TANKER

Tanker sustained a 9-15 metre crack below the waterline

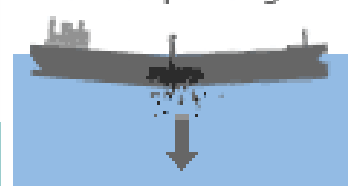


HOW THE TANKER SANK

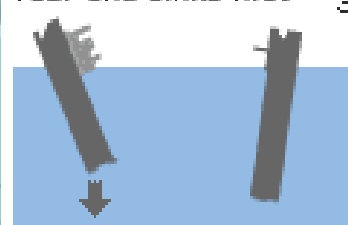
Water floods empty ballast tanks



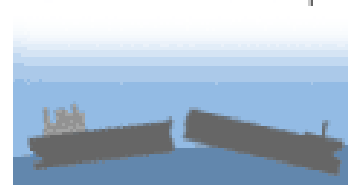
The weight of water causes ship to sag



Ship splits in two, rear end sinks first



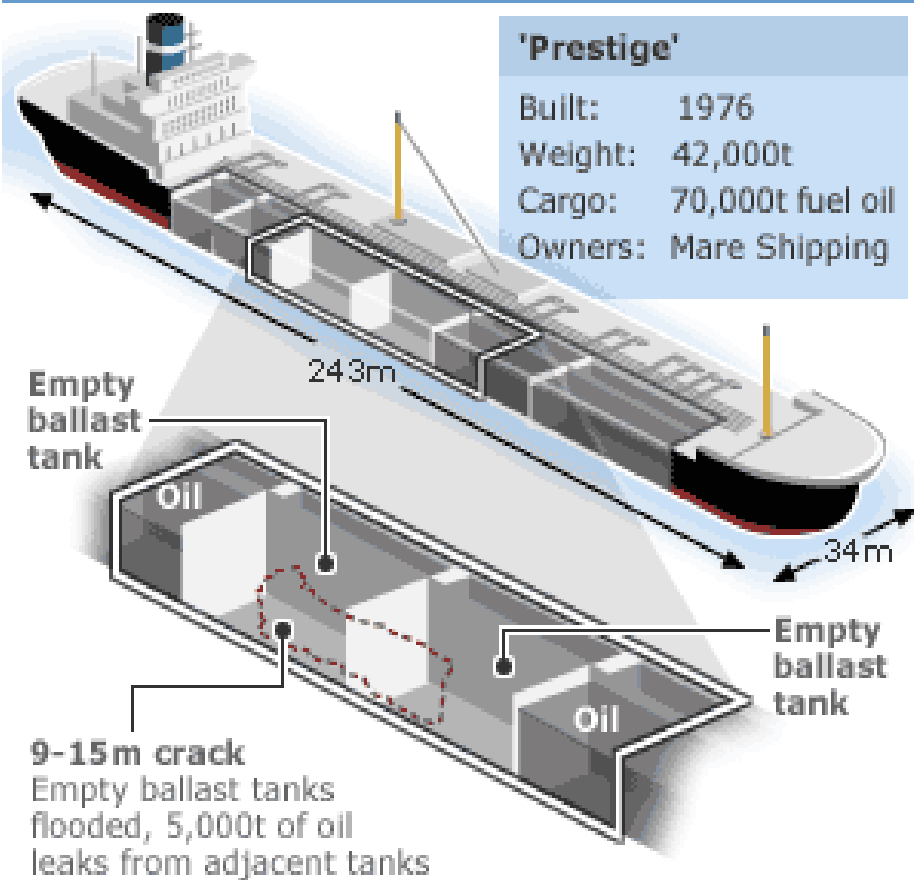
Experts say low deep sea temperature may delay seepage of oil from the sunken ship



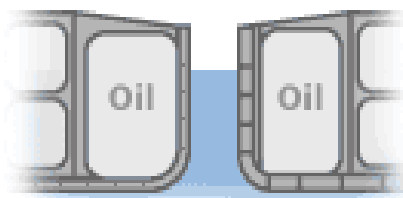
STRICKEN OIL TANKER

'Prestige'

Built: 1976
Weight: 42,000t
Cargo: 70,000t fuel oil
Owners: Mare Shipping



Single hull
The Prestige has a single hull - oil will spill if breached



Double hull
Modern tankers are fitted with a protective double hull

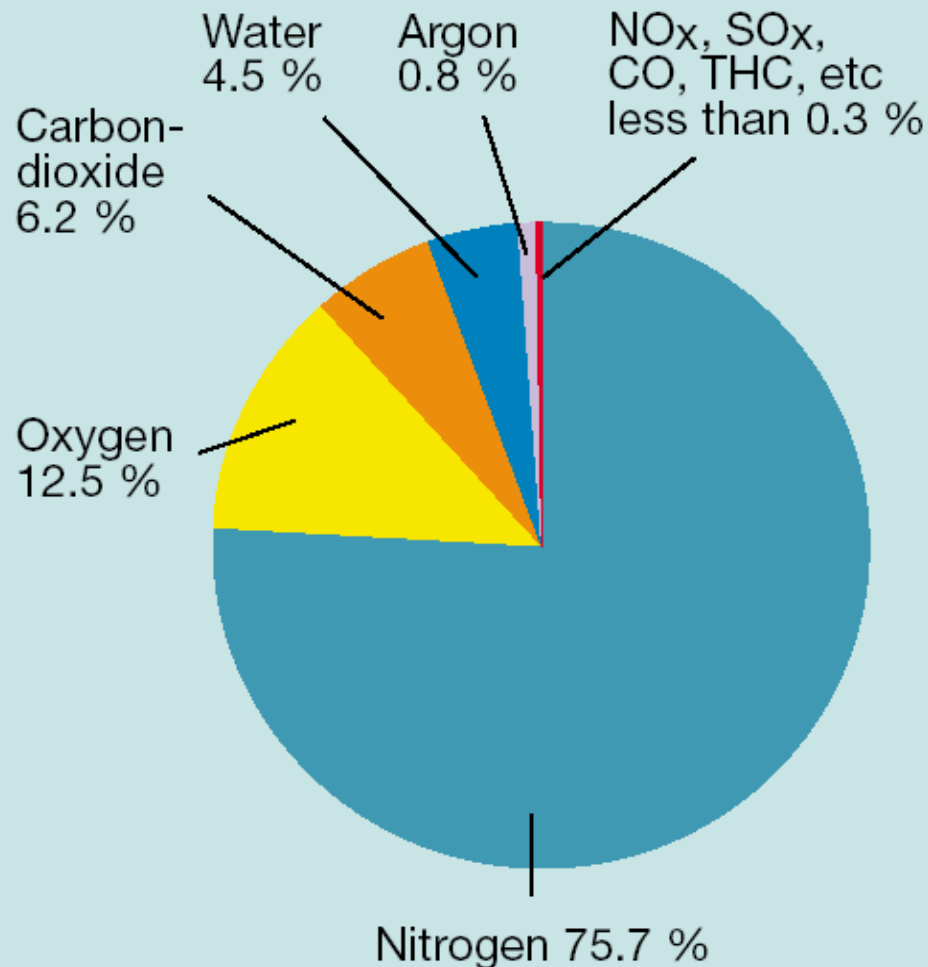
14 grudzień 2002. Kanał La Manche. Samochodowiec **TRICOLOR** (50 000 gt.)
Zderzenie z **KARIBA** (1000 TEU) w gęstej mgle.
16 grudnia – z wrakiem zderzył się drobnicowiec **NICOLA** (5000 dwt),
1 stycznia 2003 – zbiornikowiec **VICKY** (77000 dwt) z paliwem lotniczym.



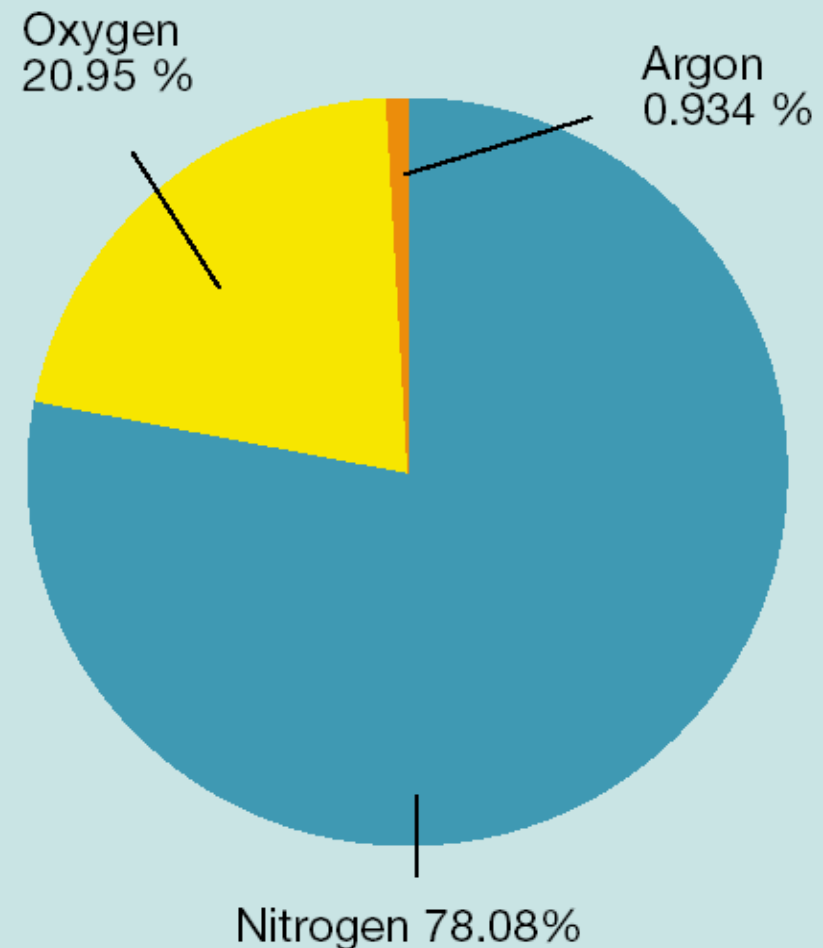
Zatonięcie TRICOLOR.
Głębokość 25 m.
2862 samochody
77 trajlerów.
2000 ton paliwa ciężkiego

Example of typical composition of diesel exhaust versus natural ambient air:

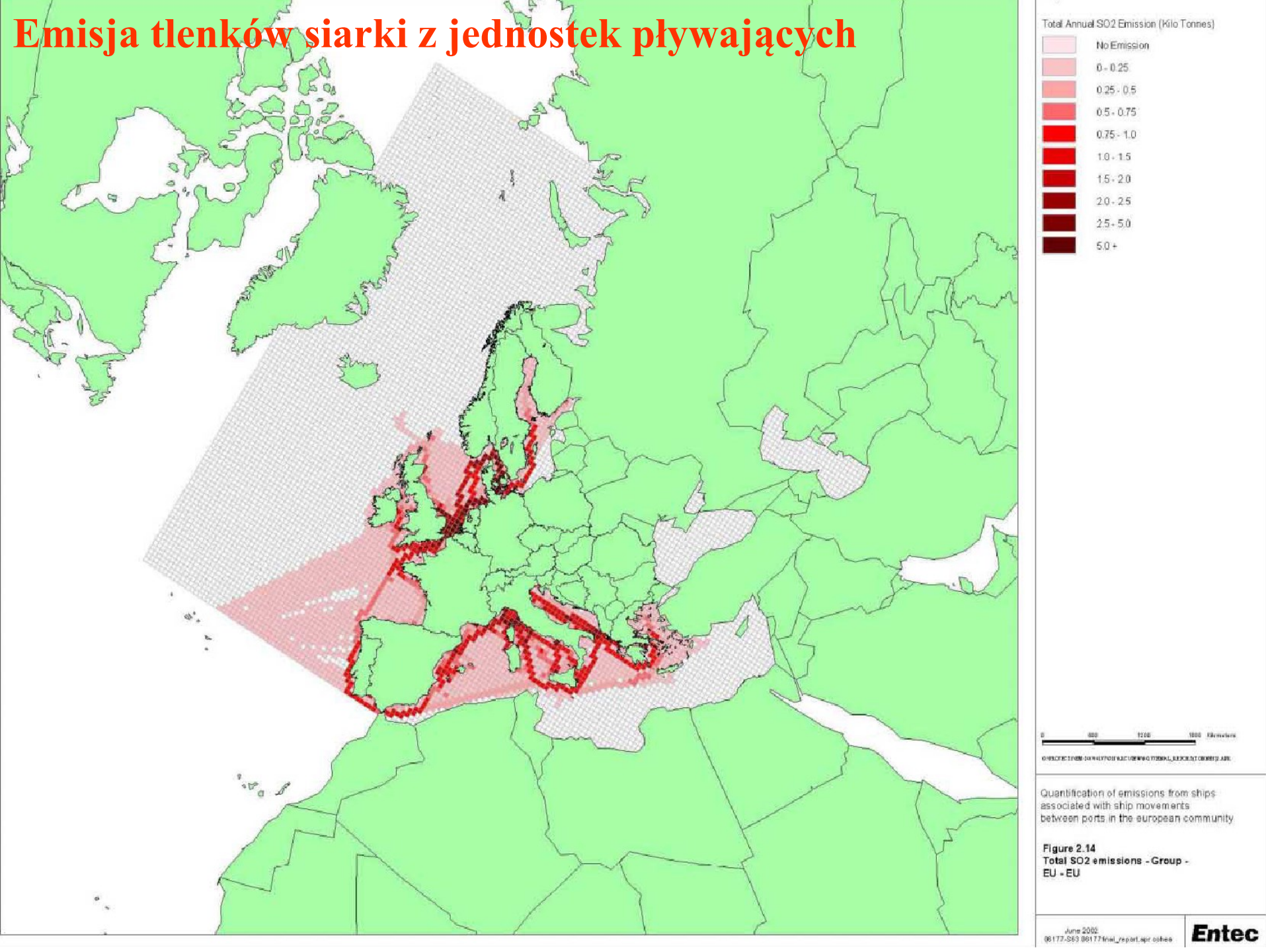
Typical composition of diesel exhaust



Composition of natural dry ambient air



Emisja tlenków siarki z jednostek pływających



ASPEKTY PRAWNE W OCHRONIE ŚRODOWISKA

OCHRONA MORZA PRZED ZANIECZYSZCZENIAMI W ŚWIETLE PRZEPISÓW PRAWNYCH

- międzynarodowe konwencje o zasięgu światowym**
- międzynarodowe konwencje o zasięgu regionalnym**
- przepisy i normy prawne poszczególnych państw morskich**
- przepisy Towarzystw Klasyfikacyjnych**

Międzynarodowa Organizacja Morska - IMO (*International Maritime Organization*)

Zadaniem IMO jest tworzenie płaszczyzn i mechanizmów współpracy rządów oraz tworzenie zasad odnoszących się do różnych spraw technicznych wpływających na żeglugę

Komitet Bezpieczeństwa na Morzu MSC *Maritime Safety Committee*

Zajmuje się przede wszystkim sprawami technicznymi związanymi z bezpieczeństwem na morzu. Działa przez szereg podkomitetów

Komitet Ochrony Środowiska Morskiego MEPC *Marine Environment Protection Committee*

Prowadzi działalność IMO w sprawach zapobiegania i kontroli zanieczyszczenia środowiska morskiego ze statków

Zestawienie ważniejszych konwencji	Świat	Polska
MARPOL 73/78 Międzynarodowa konwencja o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki <i>International Convention for the Prevention of Pollution from Ships</i> Dz. U. z 1987, Nr 17, poz. 101, załączniki. PRS-tekst jednolity w 1997 roku +uzupełn. 2003 r.	83-10-02	86-07-01
Załącznik I „Przepisy o zapobieganiu zanieczyszczaniu olejami”	83-10-02	86-07-01
Załącznik II „Przepisy o zapobieganiu zanieczyszczaniu szkodliwymi substancjami ciekłymi przewożonymi luzem”	87-04-06	87-04-06
Załącznik III „Przepisy o zapobieganiu zanieczyszczaniu szkodliwymi substancjami przewożonymi morzem w opakowaniach, kontenerach, zbiornikach przenośnych lub w cysternach drogowych i kolejowych”	92-07-01 rew. 94.02.24	92-07-01
Załącznik IV „Przepisy o zapobieganiu zanieczyszczaniu ściekami ze statków”	03-09-27	03-09-27
Załącznik V „Przepisy o zapobieganiu zanieczyszczaniu śmieciami ze statków”	88-12-31	88-12-31
Załącznik VI „ <i>Przepisy o zapobieganiu zanieczyszczaniu powietrza</i> ”	05-05-19	---
Poprawki do załączników I, II, III, V w latach 1985 ÷ 2005		

Konwencja MARPOL 73/78 dotyczy wszystkich jednostek zbudowanych przez człowieka, działających w środowisku morskim, w tym: statków, wodolotów, poduszkowców, jednostek podwodnych, stałych i pływających platform, z wyjątkiem okrętów wojennych i pływających w państwowej służbie niehandlowej

Konwencja nie dopuszcza usuwania do morza substancji szkodliwych za wyjątkiem przypadków, gdy usuwanie jest dokonywane w ściśle określonych warunkach. Jednocześnie przewiduje i dopuszcza się możliwość odstępstwa od tych zakazów w przypadku awarii statku, czy zagrożenia życia ludzkiego (lub statku)

Wymagania Konwencji dotyczą obszaru wszystkich akwenów świata, przy czym wyróżniono dwa rodzaje akwenów:

➤ **obszary specjalne (*Special Areas*)**

➤ **obszary szczególnie wrażliwe (*Particularly Sensitive Sea Areas*)**

Na obszarach specjalnych obowiązują ostrzejsze niż na pozostałych akwenach ograniczenia dotyczące usuwania określonych zanieczyszczeń do środowiska.

***PSSA* są to akweny, które uznano za wymagające szczególnej ochrony ze strony IMO z powodu ich znaczenia dla przyrody i na które żegluga wpływa negatywnie (stąd między innymi ograniczenie żeglugi na tych akwenach).**

OBSZARY SPECJALNE		Dokument IMO z roku / obowiązuje od roku	Załącznik				
			I	II	IV	V	VI
Morze Śródziemne		1973 / 83	X			X	
Morze Bałtyckie		1973 / 83	X	X		X	SO _x
Morze Czarne		1973 / 83	X	X		X	
Morze Czerwone		1973 / 83	X			X	
Zatoka Perska		1973 / 83	X			X	
Zatoka Adeńska		1987 / 89	X				
Morze Północne		1989 / 91				X	SO _x
Obszar Antarktydy (60°)		1990 / 92	X	X		X	
region Wielkich Karaibów		1991 / 93				X	
Wody północno-europejskie (M. Północne, Irlandzkie, Celtyckie, Kanał La Manche		1997 / 99	X				
Zatoka Omańska		Od 1.01.2007	x				

Obszary szczególnie wrażliwe to:

- **Wielka Rafa Koralowa** - Australia (od 1990)
- **Archipelag Sabana-Camagüey** - Kuba (1997)
- **Wyspy Malpelo** - Kolumbia (kwiecień 2002)
- **klucze wysp dookoła Florydy** (kwiecień 2002)
- **Morze Wadden** – płn. Europa (październik 2002)
- **Paracas National Reserve** – Peru (listopad 2003)
- **wody północno-europejskie** – (listopad 2004)

Złożone wnioski o wyznaczenie następnych PSSA dotyczą Cieśniny Torres (Australia, Nowa Gwinea), Morza Bałtyckiego (bez akwenów rosyjskich), akwenów dookoła Wysp Kanaryjskich (Hiszpania) oraz Archipelagu Gapalagos (Ekwador).

•MARPOL 73/78

Załącznik I

Zawiera wymagania techniczne dotyczące ograniczania do minimum zanieczyszczenia środowiska przez statki na skutek odprowadzenia do morza oleju w dowolnej postaci i stężeniu.

Obejmuje on również przepisy budowy zbiornikowców, które mają na celu ograniczenie zanieczyszczenia morza w przypadku uszkodzenia kadłuba statku.

Załącznik II

Przepisy zawarte w Załączniku mają na celu ograniczenie ilości usuwanych do morza (z wodą po umyciu zbiorników) przewożonych luzem substancji chemicznych. Podane są także szczegółowe wymagania dotyczące sposobu postępowania z pozostałościami szkodliwych ładunków płynnych

Załącznik III

Dotyczy wszystkich statków przewożących substancje szkodliwe w postaci opakowanej. Wymaga się, aby załadowca wystawił certyfikat lub deklarację stwierdzającą, że wysyłany towar jest odpowiednio opakowany, oznakowany i że spełnia warunki przewozu związane z ochroną środowiska morskiego. Każdy statek przewożący substancje szkodliwe w postaci opakowanej musi posiadać wykaz takich ładunków, ze wskazaniem miejsca ich umieszczenia. Załącznik zawiera również wykaz substancji szkodliwych, wraz z warunkami ich rozmieszczania i zabezpieczania.

Załącznik IV

Dotyczy warunków usuwania ze statków do morza ścieków sanitarnych. Wszedł w życie 27 września 2003 r.

Nie ratyfikowały go Chiny, Liberia, USA, Kanada, Australia, Cypr, ...

Załącznik V

Dotyczy warunków usuwania ze statków do morza odpadów stałych, inaczej śmieci.

Załącznik VI

Dotyczy zapobieganiu zanieczyszczaniu powietrza przed zanieczyszczaniem ze statków (freony, halony, tlenki azotu i siarki, lotne związki organiczne, pyły, jakość paliwa, wymagania dotyczące spalarek okrętowych).

Ustawa o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki

Dz. U. z 1995, nr 47, poz. 243

Ustawa o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki przenosi na grunt polskiego prawa (drogą inkorporacji) konwencje MARPOL 73/78, DUMPING-72 i HELCOM 1992 (uprzednio *HELCOM 1974*).

Omawia zanieczyszczenia eksploatacyjne ze statków, zatapianie ze statków odpadów i innych substancji oraz obowiązki administracji morskiej w sprawie zwalczania zanieczyszczeń na morzu i współpracy międzynarodowej w tym zakresie.

Art. 1 Do zapobiegania zanieczyszczaniu morza przez statki stosuje się:

- a) postanowienia następujących umów międzynarodowych, wraz ze zmianami obowiązującymi od daty ich wejścia w życie w stosunku do RP*
- b) przepisy niniejszej ustawy*

Dz.U.01.62.627 **USTAWA** z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
(Dz.U. z dnia 20 czerwca 2001r.)

Tytuł I PRZEPISY OGÓLNE DZIAŁ I ZAKRES OBOWIĄZYWANIA USTAWY

Art. 1. Ustawa określa zasady ochrony środowiska oraz warunki korzystania z jego zasobów, z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju, a w szczególności:

- 1) zasady ustalania:
 - a) warunków ochrony zasobów środowiska,
 - b) warunków wprowadzania substancji lub energii do środowiska,
 - c) kosztów korzystania ze środowiska,
- 2) udostępnianie informacji o środowisku i jego ochronie,
- 3) udział społeczeństwa w postępowaniu w sprawie ochrony środowiska,
- 4) obowiązki organów administracji,
- 5) odpowiedzialność i sankcje.

Art. 2. 1. Przepisów ustawy, z wyjątkiem tytułu I działu IV rozdziału 1 i 2, nie stosuje się do spraw uregulowanych w przepisach prawa atomowego.

- 2. Przepisów ustawy nie stosuje się także w zakresie:
 - 1) obowiązku posiadania pozwolenia,
 - 2) ponoszenia opłat,w razie prowadzenia działań ratowniczych.

3. Przepisy ustawy nie naruszają przepisów ustawy z dnia 22 stycznia 1999 r. o ochronie informacji niejawnych (Dz. U. Nr 11, poz. 95, z 2000 r. Nr 12, poz. 136 i Nr 39, poz. 462 oraz z 2001 r. Nr 22, poz. 247, Nr 27, poz. 298 i Nr 56, poz. 580).

4. Zasady ochrony morza przed zanieczyszczeniem przez statki oraz organy administracji właściwe w sprawach tej ochrony określają przepisy odrębne

Art. 442. Ustawa wchodzi w życie w terminie i na zasadach określonych w odrębnej ustawie

Dz.U.1998.10.36 ustawa 1961.12.01

Kodeks morski

Dz.U.2000.109.1156 ustawa 2000.11.09

Bezpieczeństwo morskie

Dz.U.1997.53.337 rozp. 1997.05.13

Organizacja i sposób zwalczania zanieczyszczeń na morzu.

Dz.U.1999.42.422 rozp. 1999.05.07

Rozciągnięcie niektórych przepisów ustawy o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki na jednostki pływające Marynarki Wojennej, Straży Granicznej i Policji.

Dz.U.1997.2.16 rozp.1996.12.20 Przepisy techniczne w zakresie zapobiegania zanieczyszczaniu morza przez statki, tryb przeprowadzania przeglądów i inspekcji, wzory międzynarodowych świadectw, wysokość opłat z tym związanych oraz powierzenie niektórych zadań organu inspekcyjnego instytucji klasyfikacyjnej.

ZAPOBIEGANIE

ZANIECZYSZCZENIOM

ŚMIECIAMI

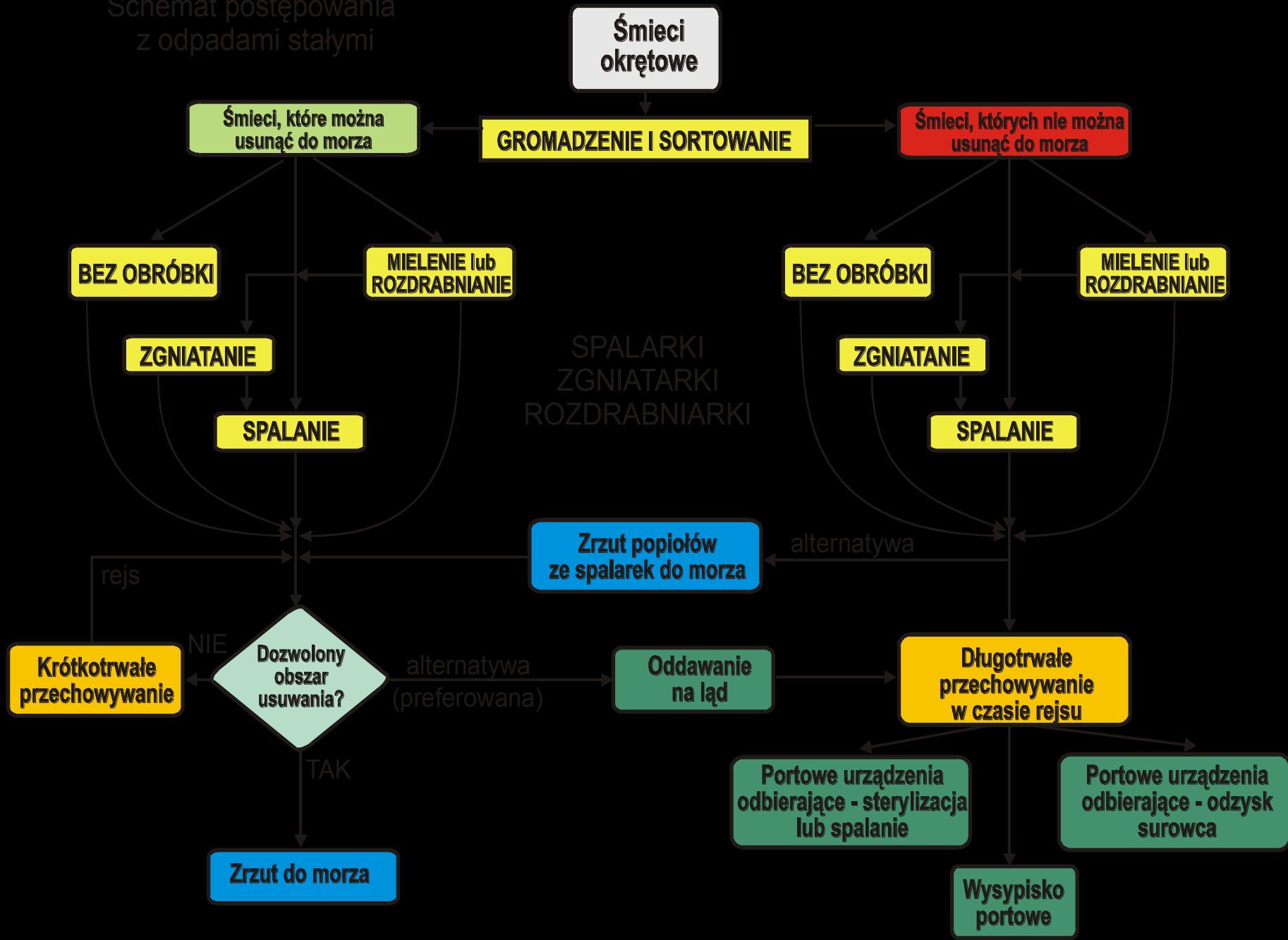
- **odpady żywnościowe** - wszelkie typy odpadków żywności wytwarzane w kuchni, pentrach i mesach oraz wszystkie materiały zanieczyszczone przez takie odpady i traktowane jako materiały stałe,
- **odpady gospodarcze** - śmieci wytwarzane w pomieszczeniach mieszkalnych, załogowych i pasażerskich, na które składają się głównie wyroby papierowe, włókiennicze, szkło, szmaty, butelki, tworzywa sztuczne,
- **stałe odpady związane z eksploatacją statku** to:
 - **odpady ładunkowe** - wszelkie odpady związane z ładunkiem, powstające przy prowadzeniu prac sztauerskich (wyściółka pod ładunek, podpórki, palety, papier, tektura, sklejka, gwoździe, drut, itp.)
 - **odpady konserwacyjne** - nagromadzone w maszynowni i w dziale pokładowym (sadza, smary, zeskrobana farba, szmaty, zmiotki, złom, uszczelki, zużyte pędzle malarskie, opakowania po farbach, itd.). Śmieci obejmują również popiół i żużel ze spalarek, ponieważ są to odpady pochodzące z normalnej eksploatacji statku.

Szacunkowe ilości śmieci (średnie światowe) wytwarzanych na statkach pasażerskich, zbiornikowcach, masowcach, drobnicowcach, kontenerowcach i jednostkach portowych, przy założeniu minimalizacji ilości śmieci na statku, uwzględnieniu nieusuwalności do morza, czasu rejsu i typu jednostek są następujące:

- żywnościowe 1.4 - 2.4 kg/dobę osobę,**
- gospodarcze 0.5 - 1.5 kg/dobę/osobę,**
- konserwacyjne do 20 kg dziennie,**
- ładunkowe**
- półmasowe (albo duże oddzielne jednostki ładunkowe, albo inne, nie w kontenerach) - ze 123 ton takiego ładunku powstaje jedna tona odpadów,**
- masowe z 10 000 ton ładunku powstaje jedna tona odpadów,**
- kontenerowe z 25 000 ton ładunku powstaje 1 tona odpadów**

Rodzaj odpadów	Poza obszarami specjalnymi	Na obszarach specjalnych
Tworzywa sztuczne, w tym również liny syntetyczne, sieci rybackie, plastikowe worki na śmieci	Usuwanie zabronione	Usuwanie zabronione
Niezatapialne materiały ładunkowe jak wyściółka, olinowanie, opakowania	> 25 Mm od najbliższego lądu	Usuwanie zabronione
Papier, szmaty, szkło, metal, stłuczka, butelki, itp.	> 12 Mm od najbliższego lądu	Usuwanie zabronione
Wszystkie pozostałe śmieci włącznie z papierem, szmatami, szkłem, itp. rozdrobnione lub zmielone	> 3 Mm od najbliższego lądu	Usuwanie zabronione
Odpady żywnościowe nierozdrobnione i niezmielone	> 12 Mm od najbliższego lądu	> 12 Mm od najbl. lądu
Odpady żywnościowe rozdrobnione lub zmielone	> 3 Mm od najbliższego lądu	> 12 Mm od najbl. lądu

Schemat postępowania z odpadami stałymi



USUWANIE PRZECHOWYWANIE OBRÓBKA GROMADZENIE

- Gromadzenie: uzależnione od podziału co może, a co nie może być usunięte za burtę podczas rejsu. Zastosowanie kilku pojemników na:
- odpady, w skład których wchodzi tworzywa sztuczne. Jeżeli nie ma możliwości ich spalania, to należy je oddać w porcie.
 - śmieci kuchenne i pentrowe (w tym również materiały zanieczyszczone żywnością). Lokalne przepisy mogą nakazywać ich spalanie, sterylizację lub inne metody zapobieżenia rozprzestrzenianiu się zarazków. Oddaje się je na ląd lub zatapia.
 - inne śmieci, których można się pozbyć w morzu. Papier, szkło, metal, olinowanie, ... Ponieważ śmieci niezatapialne są usuwane wg innych zasad wskazane jest ich rozdzielenie. Niezatapialne należy oddać w porcie albo spalić.
 - surowce do powtórnej przeróbki, takie jak makulatura, szkło, złom

Obróbka: W zależności od typu, obszaru pływania, liczebności załogi i pasażerów statek może być wyposażony w spalarki, urządzenia do rozdrabniania i zgniatania. Zalety: umożliwienie usuwania do morza odpadów, które bez tej czynności nie mogłyby zostać usunięte oraz ograniczenie przestrzeni potrzebnej do przechowywania śmieci, ułatwienie rozładunku oraz zwiększenie stopnia przyswajalności przetworzonych odpadów przez środowisko morskie. Jeżeli statek porusza się po obszarach specjalnych lub w pasie 3 Mm od brzegu, to gromadzone na nim śmieci mogą być albo oddane albo spalone, a popiół i żużel zmagazynowane i oddane.

Przechowywanie. Nieobrobione jak i obrobione śmieci przechowuje się czasowo na statku z powodu braku możliwości ciągłego oddawania na ląd lub topienia w morzu. Powodem może być również ograniczona wydajność lub możliwość pracy spalarki okrętowej. Pakuje się w oddzielne pudła, pojemniki czy worki w wydzielonym pomieszczeniu, regularnie dezynfekowanym.

Usuwanie. Zgodnie z przepisami; zaleca się dalsze odległości i głębokość min 50 m.

URZĄDZENIA DO OBRÓBKİ ŚMIECI

Rozdrabniarki, zgniatarki, spalarki.

Mielenie lub rozdrabnianie - tak aby przeszły przez sito o oczkach nie mniejszych niż 25 mm.

Młynki odpadów żywnościowych: 10 - 250 l/min.

Niektóre urządzenia do zgniatania mogą jednocześnie odkażać, usuwać zapach, pakować. Korzystne jest rozdrobnienie przed zgnieceniem. Zgniatanie pozwala na zmniejszenie objętości śmieci do 70÷80% objętości początkowej

Urządzenia do obróbki śmieci: rozdrabniarki, zgniatarki, spalarki.

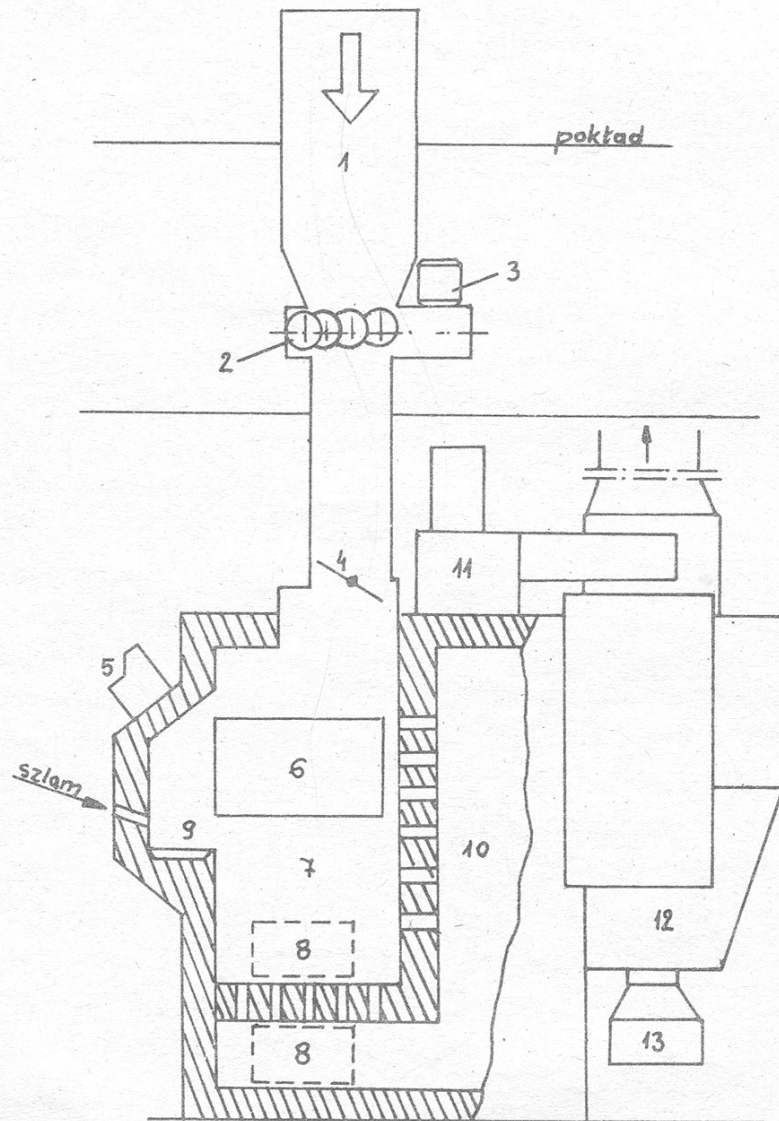


SPALANIE

Jest obecnie najbardziej rozpowszechnionym sposobem przerabiania śmieci. Umożliwia bardzo duże zmniejszenie objętości (około 95%) i masy (około 60%). Ponieważ w komorze spalania występują wysokie temperatury, pozostałości po spalaniu są sterylne i po usunięciu za burtę nie powodują zagrożenia dla środowiska morskiego.

SPALARKI

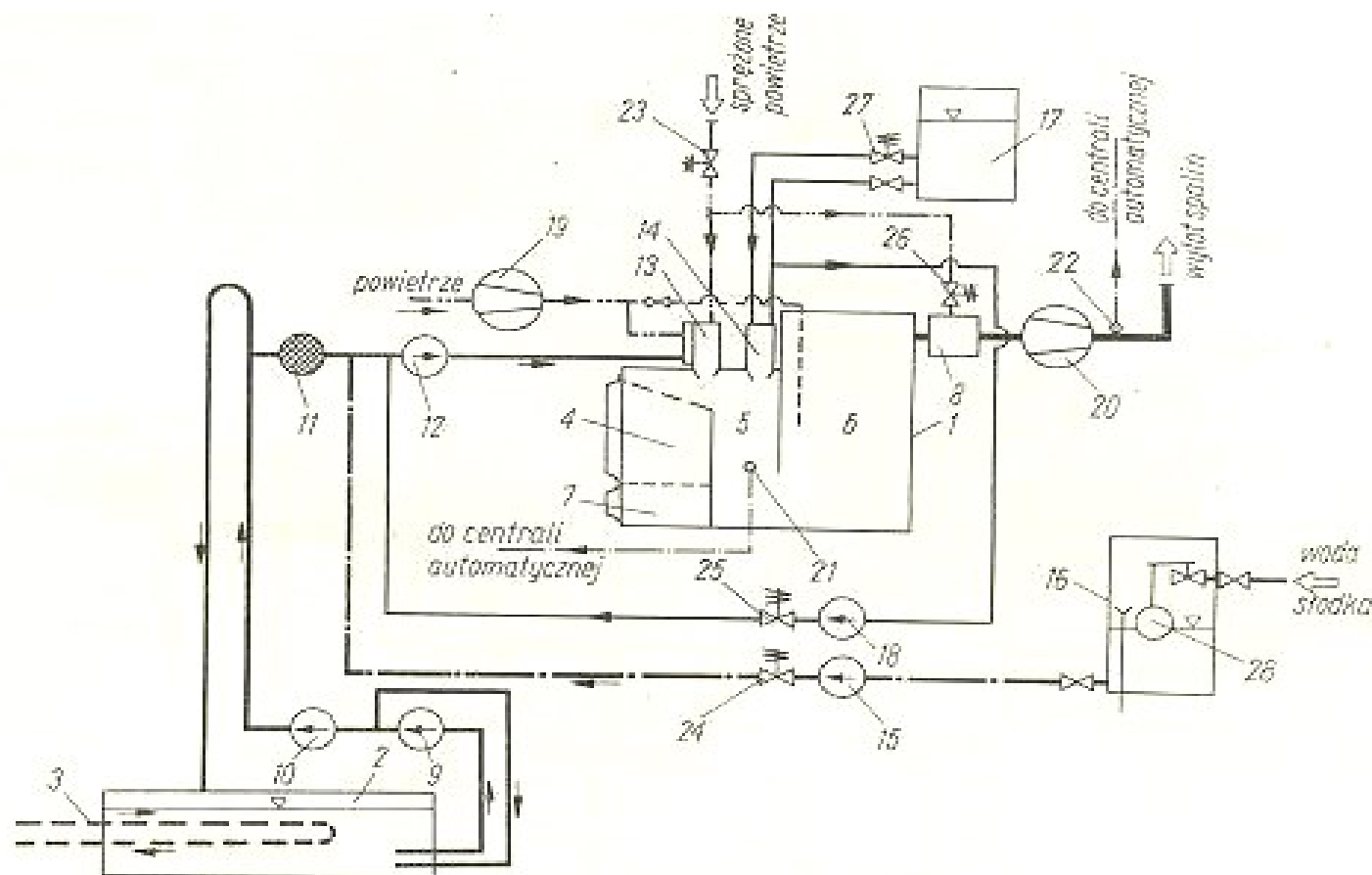
Obecnie produkowane spalarki dzielą się na jedno- i dwukomorowe. W spalarkach jednokomorowych wszystkie odpady są spopielane we wspólnej komorze spalania. Aby nie dopuścić emisji do atmosfery drobnych cząstek stałych porywanych ze spalinami, niezbędne jest zastosowanie urządzeń oczyszczających spaliny. Odpowiednio ukierunkowany jest również przepływ płomienia i spalin wewnątrz komory. W spalarkach dwukomorowych, pierwsza komora przeznaczona jest do spopielania śmieci. Druga komora jest tak zwaną komorą dopalania – zachodzi w niej spalanie CO na CO₂ i ewentualne dopalanie niespalonych cząstek stałych unoszonych w spalinach. Do tej komory doprowadzane są zwykle pozostałości olejowe, zmieszane – ewentualnie – z osadami sanitarnymi. Dodatkowym zabezpieczeniem jest umieszczanie palników tak, aby wtryskiwały strumień paliwa (i odpadów) stycznie do wewnętrznej powierzchni komory spalania. Powoduje to odrzucanie cząstek stałych na ścianki komory.



Rys.6.3. Spalarka okrętowa firmy Lindegard wraz z układem wsypowym.
 1 - kanał wlotowy odpadów stałych, 2 - ostrza rozdrabniarki, 3 - silnik rozdrabniarki, 4 - kłapa regulacyjna, wsypowa, 5 - palnik olejowy, 6 - drzwi do ręcznego załadunku spalarki śmieciami, 7 - pierwotna komora spalania, 8 - drzwi do usuwania popiołu, 9 - rynna do spalania szlamu olejowego, 10 - wtórna komora spalania, 11 - rozdzielacz powietrza, 12 - cyklon, 13 - zbiornik popiołu

Spalarka okrętowa

Urządzenie spopielające typu ASWI (firmy Atlas – Dania)



Rys. 8.1. Schemat urządzenia do spopielańia typu ASWI (firmy Atlas – Dania)

1 – piec ASWI; 2 – zbiornik szlamu; 3 – spirala podgrzewacza zbiornika szlamu; 4 – komora spalania odpadów stałych; 5 – komora spalania wstępnego; 6 – komora spalania wtórnego; 7 – popielnik; 8 – komora mieszania; 9 – pompa mieszająca; 10 – pompa cyrkulacyjna; 11 – filtr; 12 – pompa dozująca osad; 13 – palnik szlamowy; 14 – palnik pomocniczy; 15 – pompa dozująca wody słodkiej; 16 – zbiornik wody słodkiej; 17 – zbiornik oleju opałowego; 18 – pompa dozująca oleju opałowego; 19 – dmuchawa powietrza pierwotnego; 20 – wentylator wyciągowy spalin; 21, 22 – przetwórczniki termostacyjne; 23–27 – zawory elektromagnetyczne; 28 – urządzenie pływakowe

Urządzenie do spalania śmieci na statkach pasażerskich





ZANIECZYSZCZENIA

ATMOSFERY

Jako zanieczyszczenie powietrza traktuje się zarówno przekroczenie średniej zawartości składników powietrza czystego jak i obecność w nim innych, niepożądanych składników, których udział jest zmienny w czasie i przestrzeni.

Źródła są antropogenne i naturalne (wulkany, pustynie, pożary lasów i stepów, kryształki soli morskich, erozja gleby i skał, rozkład substancji organicznych).

Przybliżona roczna emisja zanieczyszczeń na świecie

(w mln ton)

Składnik	Antropogenne	Naturalne
SO₂	103	142
CO	200	-
CO₂	15 000	70 000
H₂S	3	100
pył	100 ÷ 200	770 ÷ 1 200
NO_x	65	1 400
NH₃	4	5 900
węglowodory	88	480

SUBSTANCJE SZKODLIWE: (gazy, pyły, metale ciężkie)

- **tlenki węgla, azotu i siarki**
- **pyły zawieszone**
- **czynniki chłodnicze i gaśnicze (freony, halony)**
- **węglowodory w tym wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne WWA (PAH - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)**
- **formaldehydy, azotan peroksyacetylu (PAN), ozon w warstwie przyziemnej**
- **substancje metaliczne (beryl, rtęć, ołów,)**
- **aerozole (cząstki stanowiące układy dwu- lub trójfazowe, w skład których wchodzi wirusy, bakterie, grzyby, pyłki kwiatowe, pył wulkaniczny, pyły kosmiczne, dym, ...)**
- **PCB - polichlorowane bifenyle. Ciecze dielektryczne, płyny hydrauliczne, plastyfikatory do farb. Przy spalaniu powstają dioksyny (TCDD).**

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Tlenki azotu

Tlenki azotu - głównie NO i NO₂ - powstawały zawsze i nadal powstają od energii błyskawic, po czym w wodzie tworzą jon azotanowy, niezbędny dla roślin. Stąd bierze się jednak niewiele tych jonów i powoduje znikome stężenia, poniżej progu szkodliwości dla istot żywych. Dla człowieka ten próg wynosi 10 ppm NO₂ i 50 ppm NO. Współcześnie tlenki azotu są wytwarzane w wielu różnych procesach przemysłowych, przede wszystkim przy spalaniu w wysokich temperaturach. Są to ilości tak duże, że często pojawiają się stężenia szkodliwe dla życia. Ponadto, gdy znajdują się w glebie, mogą tam ulegać przemianom do związków o nazwie nitrozoamin. Nitrozoaminy są silnie rakotwórcze, a pobrane z gleby przez warzywa mogą znaleźć się w pożywieniu ludzkim. Wreszcie - jak prekursor kwasu azotowego - tlenki azotu mają też udział w tworzeniu kwaśnych deszczów i ich niszczącym działaniu.

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Dwutlenek siarki

Dwutlenek siarki jest bardzo szkodliwy dla wszystkiego co żyje, zwłaszcza dla roślin. Działa on nawet w stężeniach 1-2 ppm, chociaż człowiek wyczuwa węchem dopiero stężenie 3-5 ppm.

W powietrzu dwutlenek siarki ulega dalszemu utlenieniu do SO_3 i z wodą daje kwas siarkowy - najważniejszą przyczynę kwaśnych deszczów.

Skutki:

Efekt cieplarniany

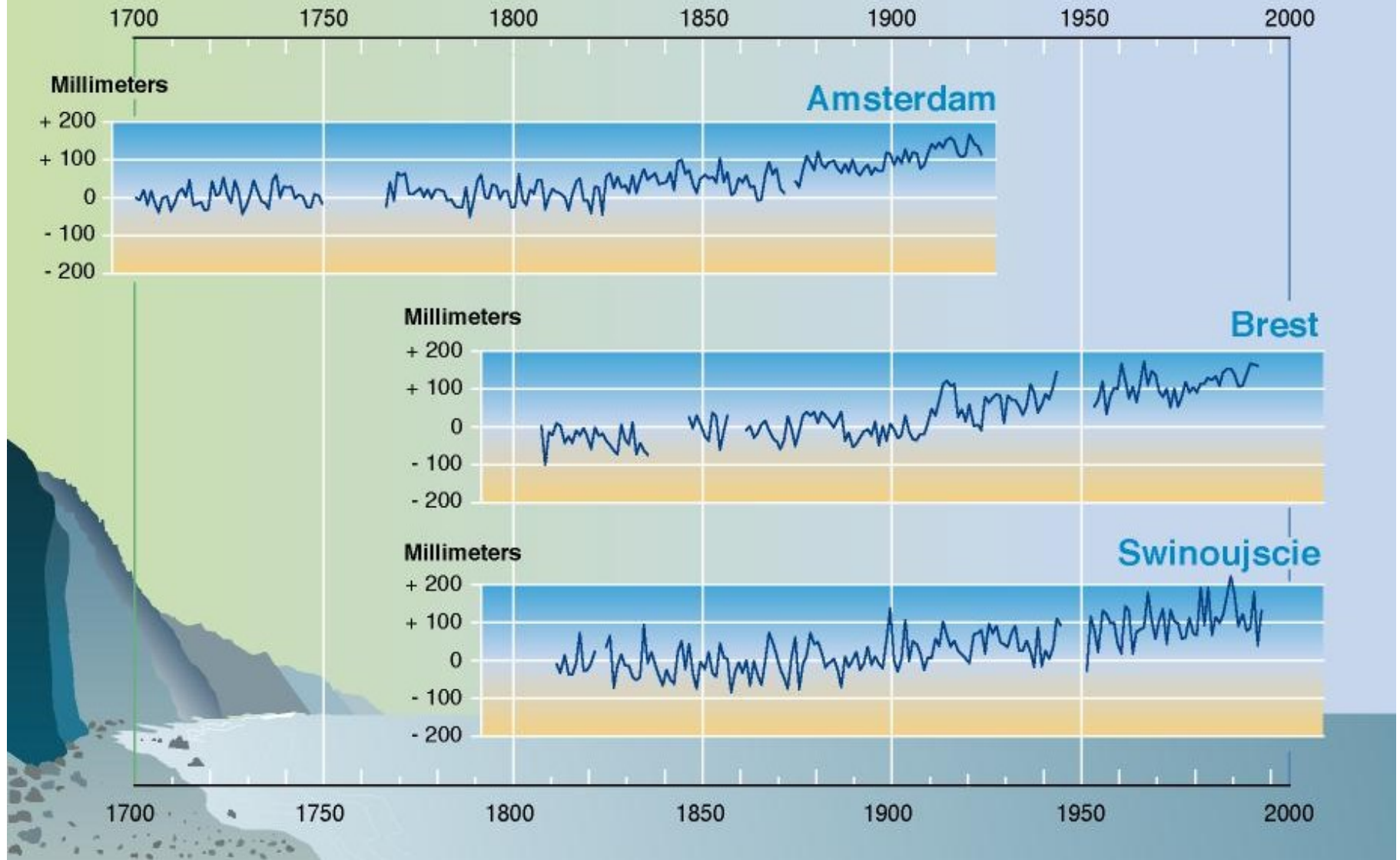
Proces niszczenia warstwy ozonowej

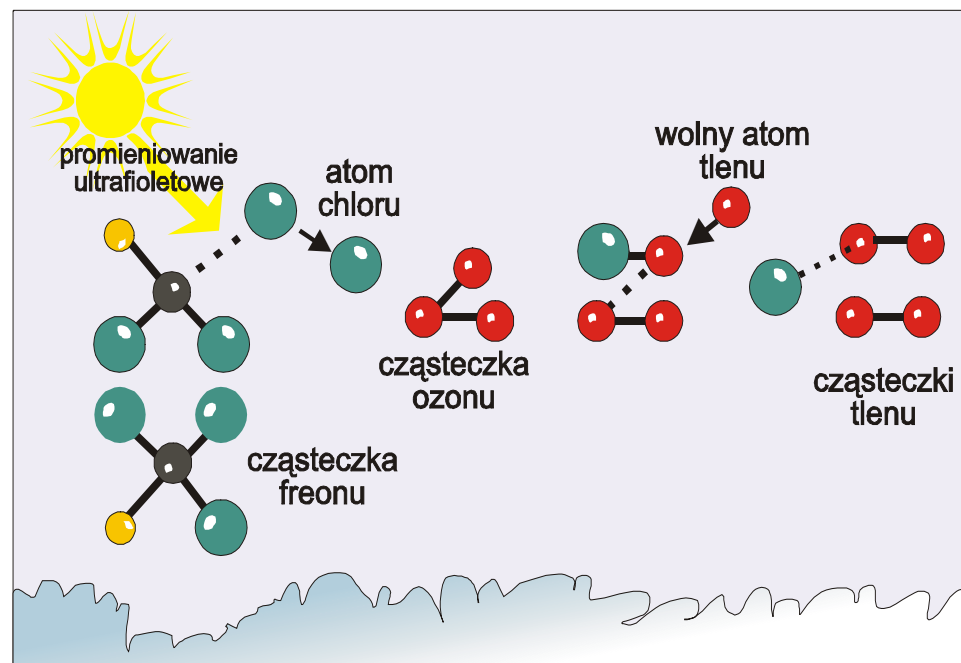
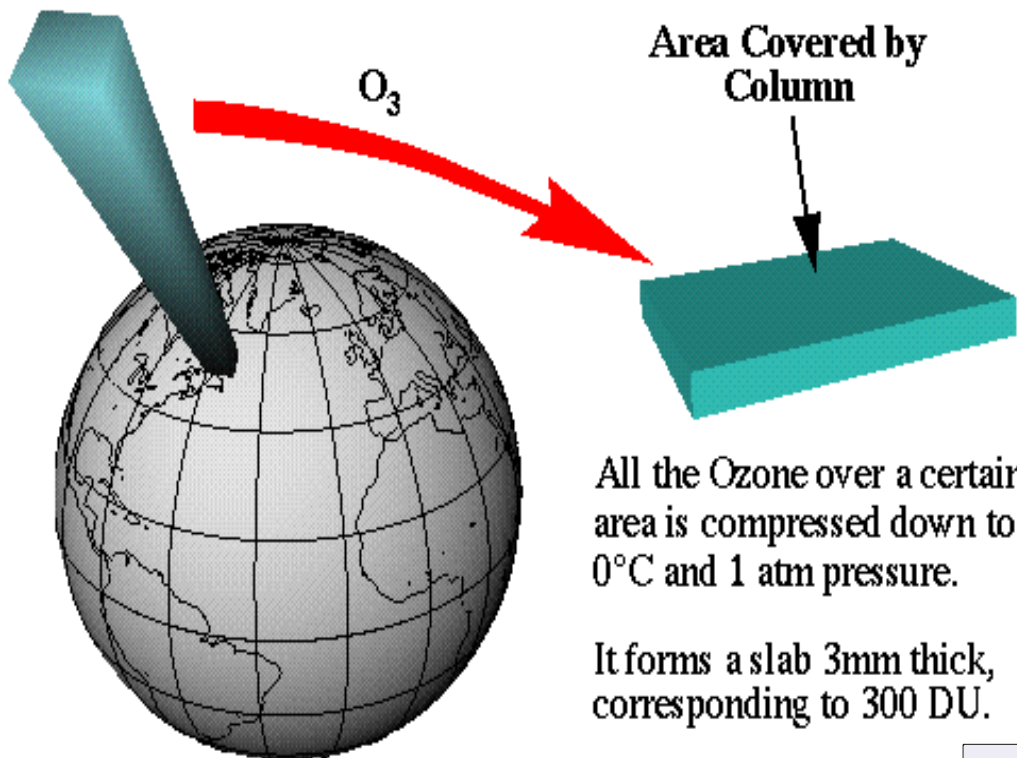
Kwaśne deszcze

Smog

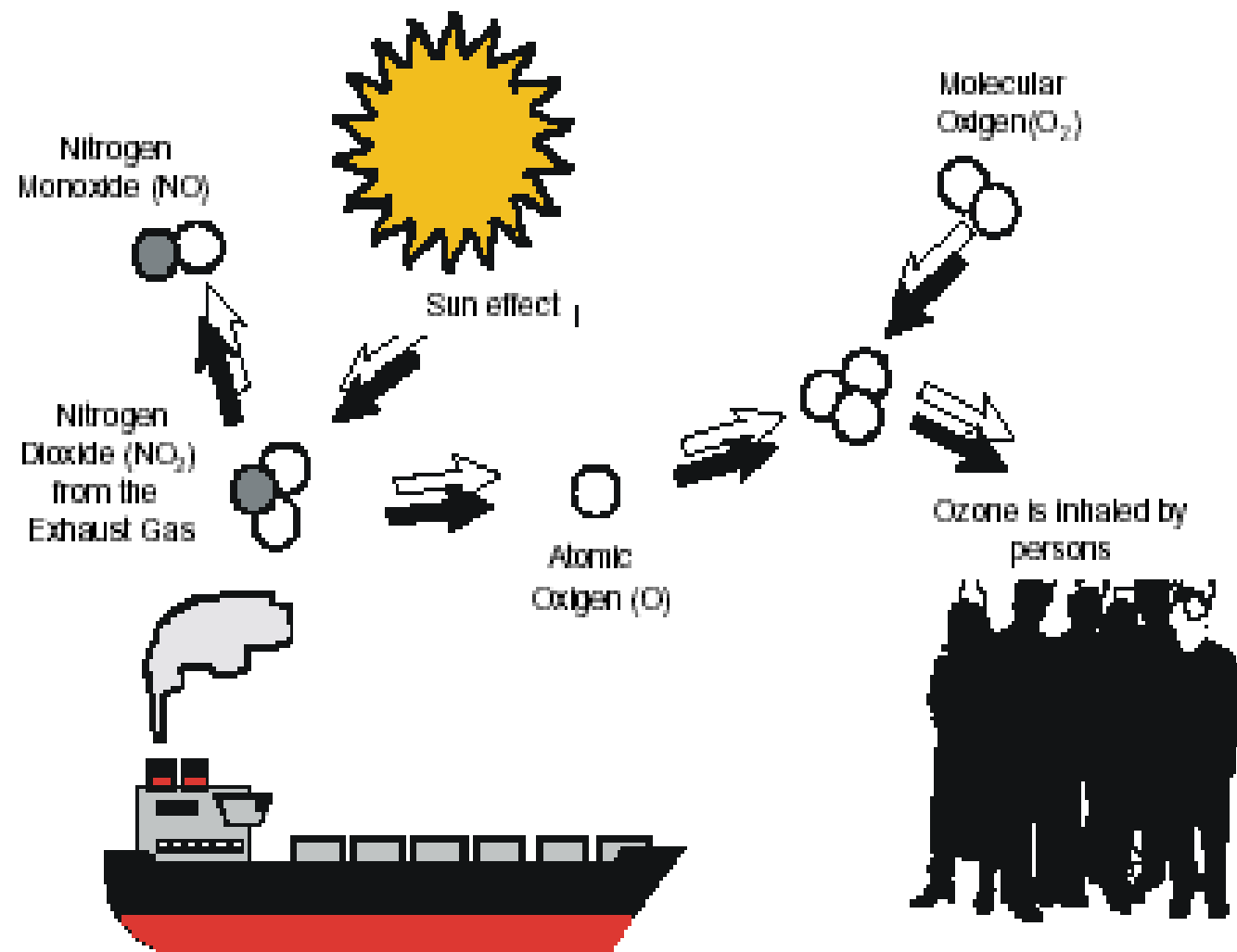
Sea Levels have risen

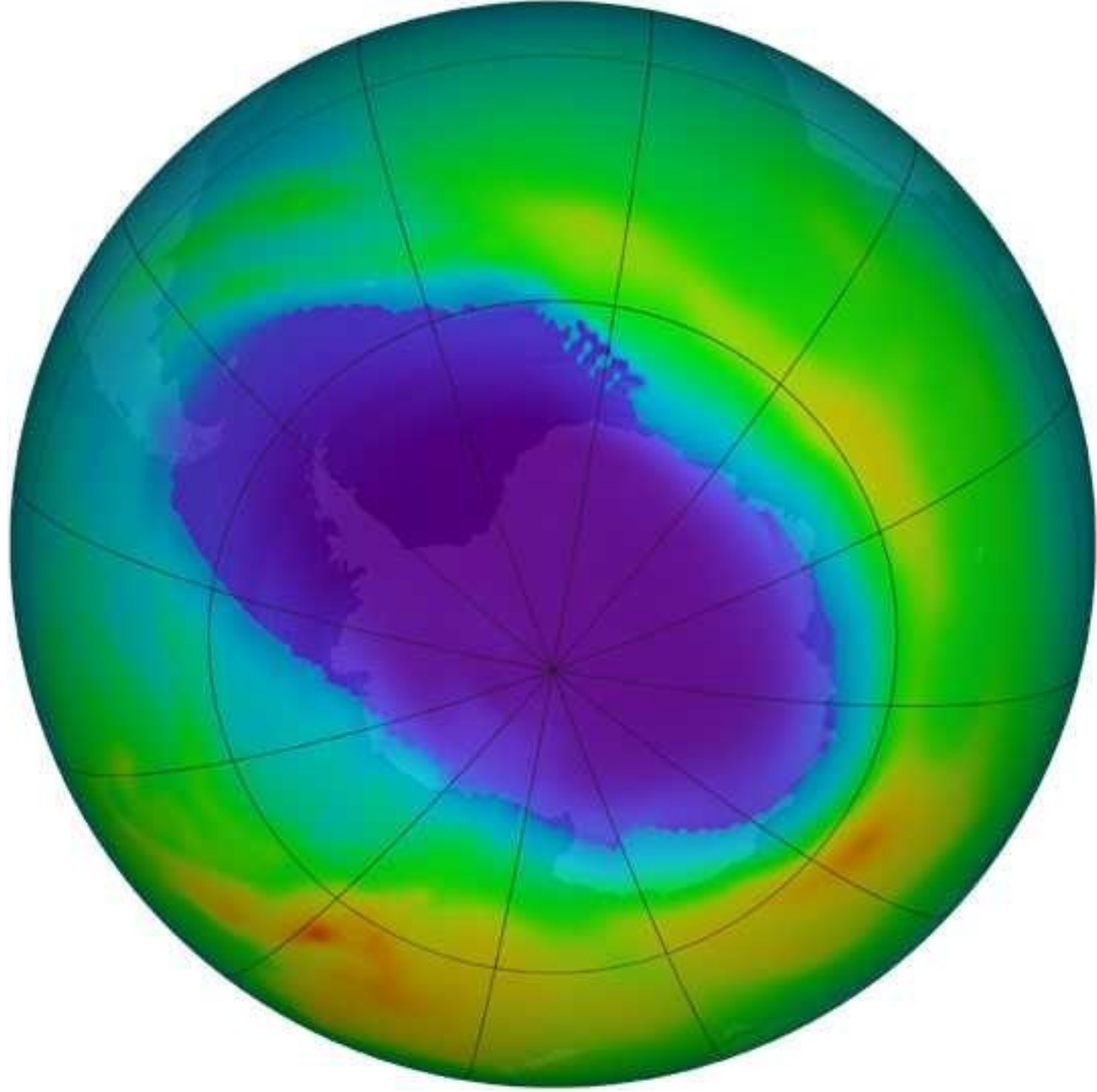
Relative sea level over the last 300 years





Formation of Ozone (Simplified Version)





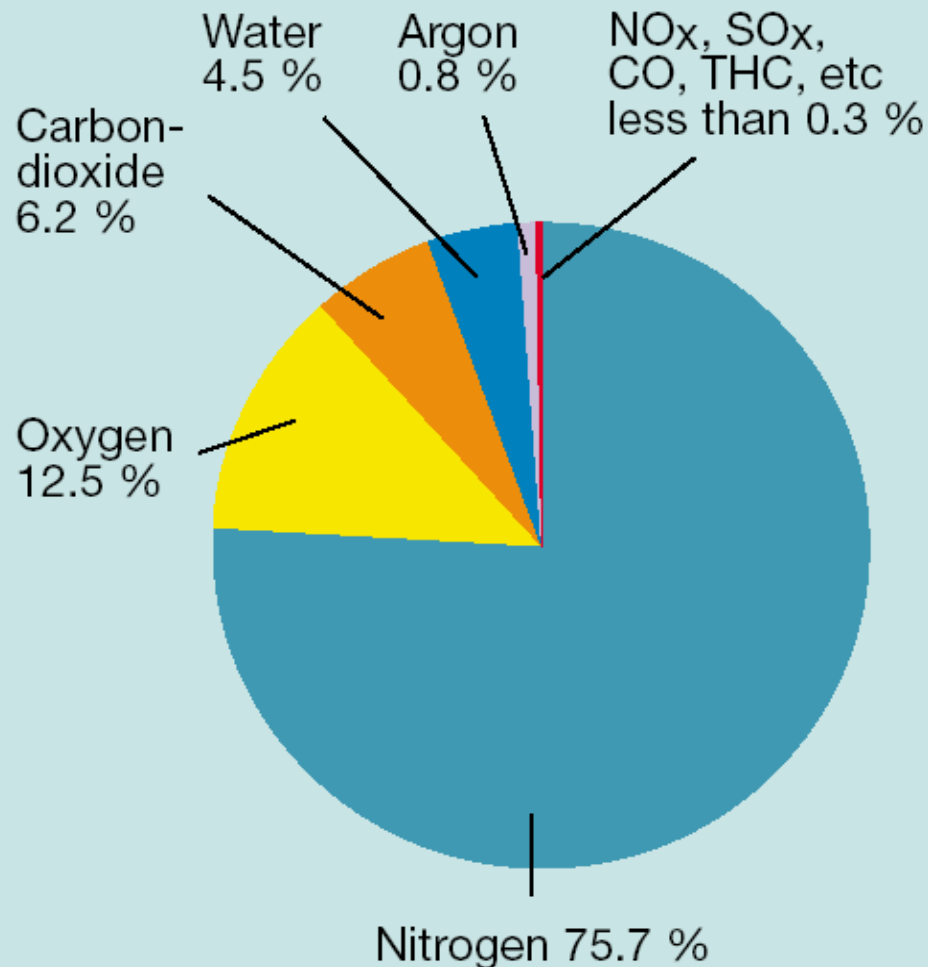
„Dziura ozonowa”

Źródła energii dla statków

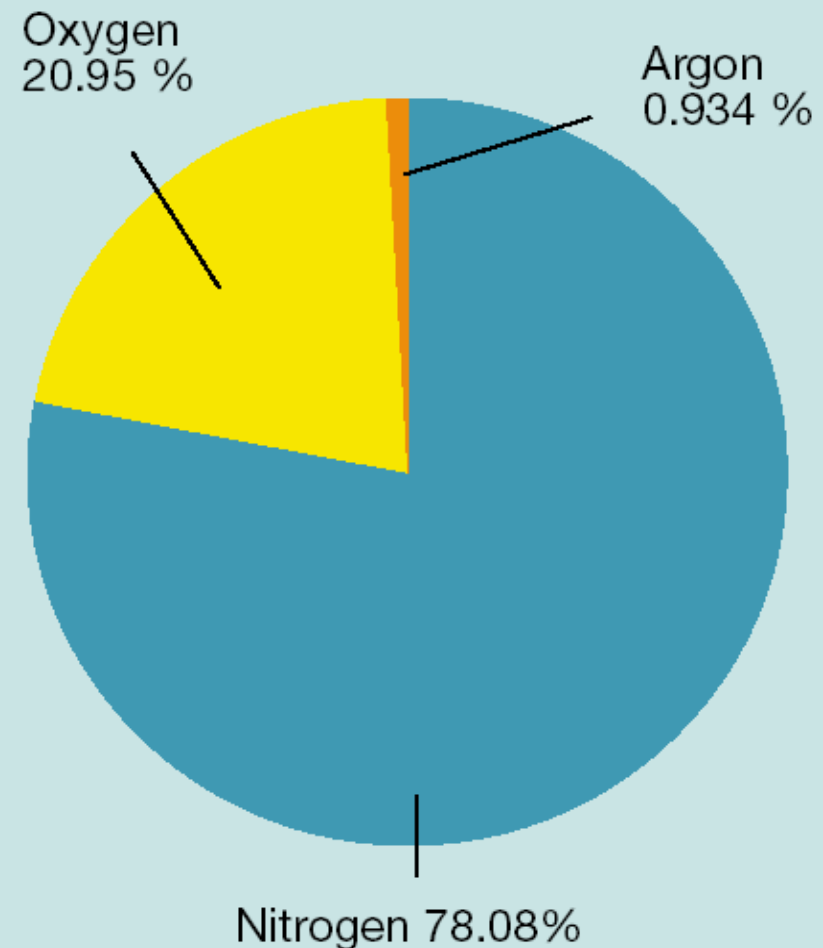
Obecnie podstawowym źródłem energii do napędu statków oraz do pokrycia wszelkich innych potrzeb energetycznych są paliwa konwencjonalne, do których należą paliwa ciekłe (otrzymane drogą odpowiedniej przeróbki ropy naftowej lub - w nieznacznej ilości syntetyczne - uwodornienia węgla) oraz ostatnio również i gaz ziemny. W specyficznych przypadkach ma również zastosowanie energia jądrowa.

Example of typical composition of diesel exhaust versus natural ambient air:

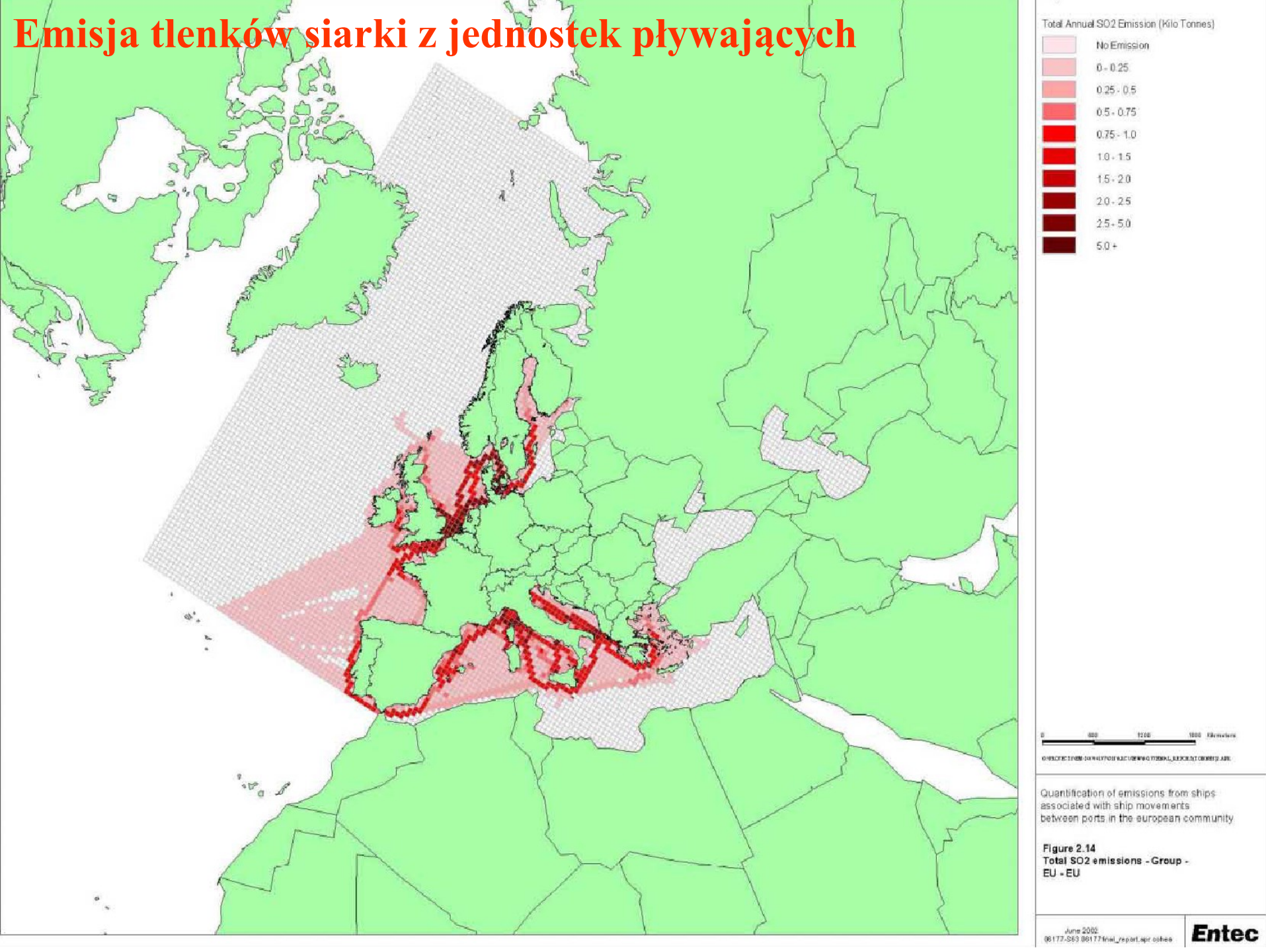
Typical composition of diesel exhaust



Composition of natural dry ambient air

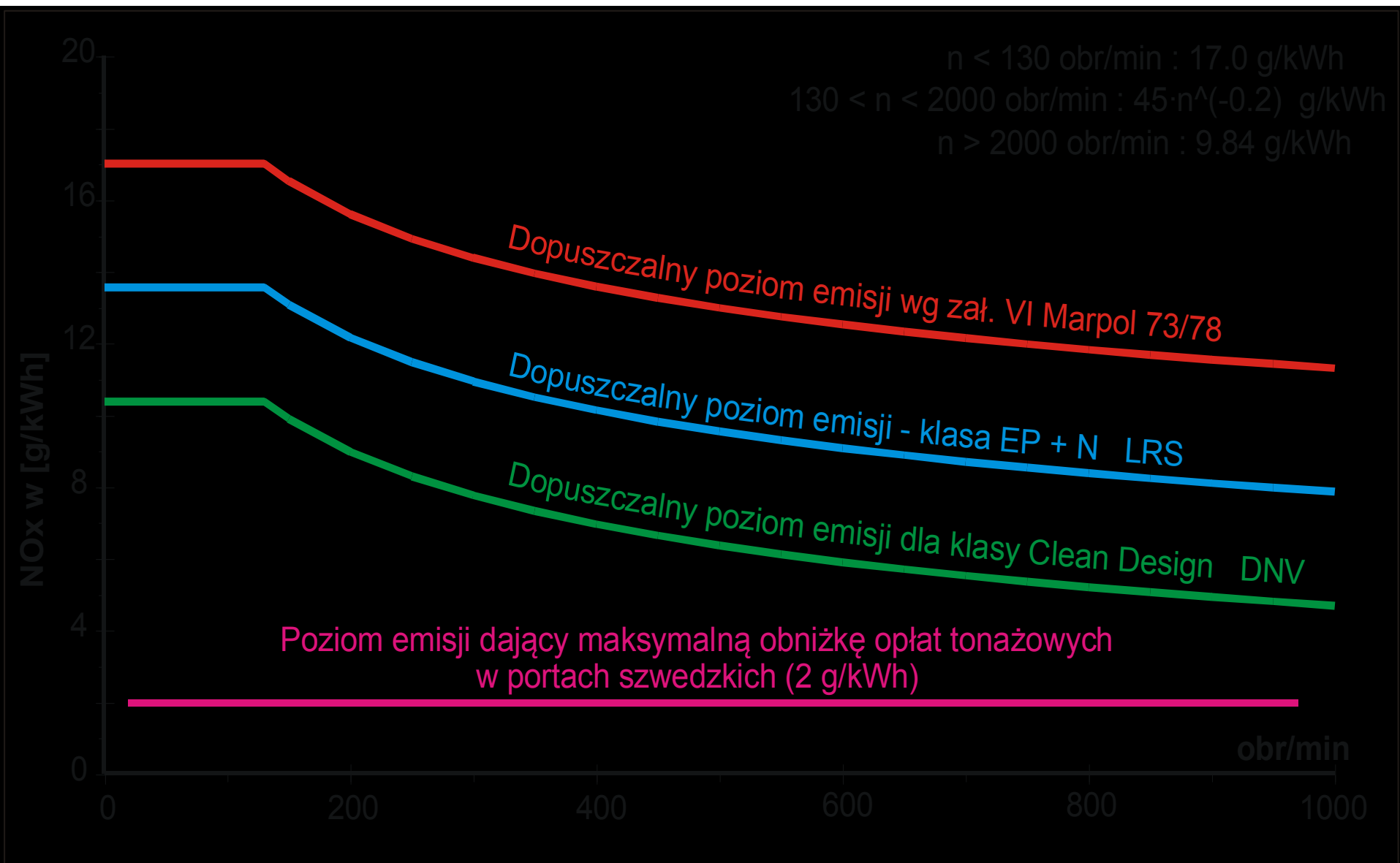


Emisja tlenków siarki z jednostek pływających



PRZEPISY ZAŁĄCZNIKA VI MARPOL 73/78

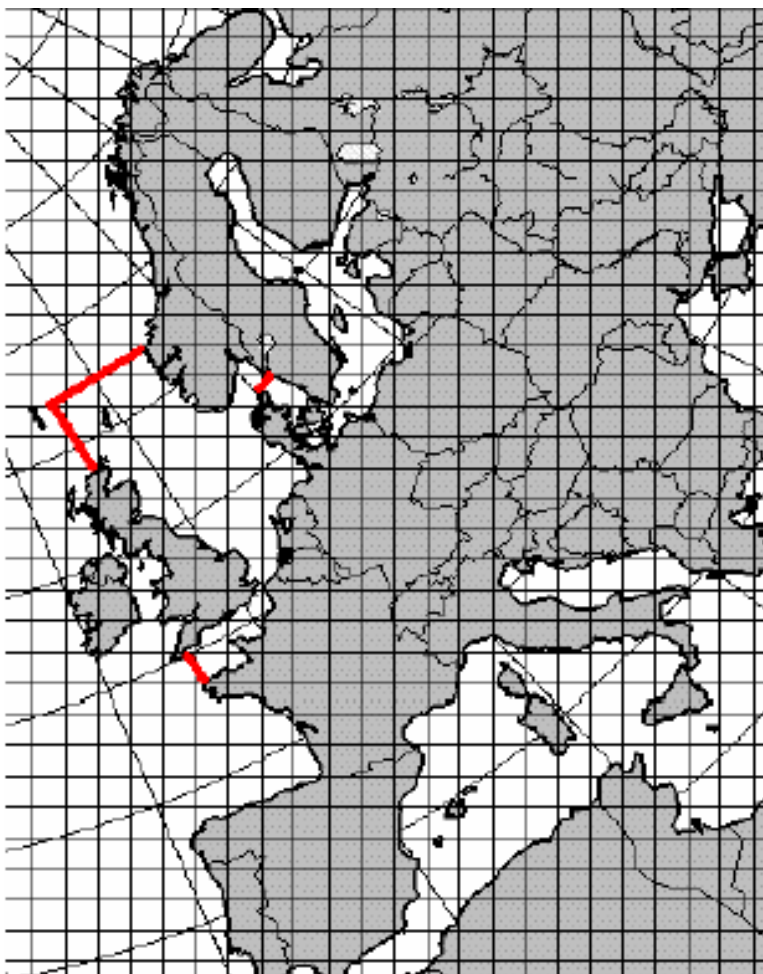
Tlenki azotu - wymagania Zał. dotyczą każdego zainstalowanego na statku silnika wysokoprężnego o mocy większej niż 130 kW (z datą zastosowania 1.01.2000), z wyłączeniem silników agregatów awaryjnych, łodzi ratunkowych oraz innych silników przeznaczonych wyłącznie do użytkowania w stanach awaryjnych. Praca każdego silnika jest zabroniona, z wyjątkiem, gdy emisja tlenków azotu z silnika spełnia warunki IMO (rys). Praca silnika jest dozwolona, jeżeli - alternatywnie- zostanie zastosowany odpowiednio skuteczny system oczyszczania spalin. Jeżeli jest spalane paliwo składające się z mieszanki węglowodorów uzyskiwanych z rafinacji ropy naftowej, to procedura prób i metod pomiarowych ma być zgodna z Kodeksem technicznym NO_x , stanowiącym uzupełnienie Zał. VI.



Tlenki siarki - zawartość siarki w każdym paliwie używanym na statku nie powinna przekraczać 4.5 % m/m. W granicach obszarów kontroli emisji SO_x: nie więcej niż 1.5 % m/m.

Morze Bałtyckie jest obszarem specjalnym, oprócz tego, państwa nadbałtyckie w porozumieniu HELCOM (Rec. 13/15 z 1992r) również określiły zawartość siarki w paliwie na 1.5 % m/m.

Alternatywą jest zastosowanie systemu redukcji emisji tlenków siarki tak aby wartość emisji nie przekraczała 6 g/kWh (z uwzględnieniem silników głównych i pomocniczych).



Strefy „SECA” w Europie

IMO-Marpol Aneks VI

Przyjęt w 1997 przez IMO (International Maritime Organisation)

- Globalny limit zawartości siarki w paliwie ciężkim $<4,5\%$
- Utworzenie dwóch stref SECA (Sulphur Emission Control Area):
- Morze Bałtyckie(1997)
- Morze Północne i Kanał Angielski(2000)

Na których zawartości siarki w paliwach nie może przekraczać $1,5\%$

Dyrektywa 1999/32/EC

przewiduje:

- Na morzu Północnym i Bałtyckim statki spalają paliwo o zawartości siarki $<1,5\%$
- W Strefie EU wszystkie statki pasażerskie spalają paliwo o zawartości siarki $<1,5\%$ (2007)
- Podczas postoju w portach UE statki spalają paliwo o zawartości siarki $<0,2\%$ (2008)

CLEAN and CLEAN DESIGN

Emissions to AIR:

Propulsion and
Power
Generation
Systems

NO_x (Diesel engines):

CLEAN: Acc. to IMO NO_x curve

CLEAN DESIGN: Acc. to IMO NO_x curve, less 40%

SO_x (Diesel engines and boilers):

General: **CLEAN** and **CLEAN DESIGN:**

Max. sulphur in fuel oil onboard 3% (or 12.0 g SO_x/kWh)

In port and special areas:

CLEAN:

Max. sulphur in fuel oil 1.5% (or 6.0 g SO_x/kWh)

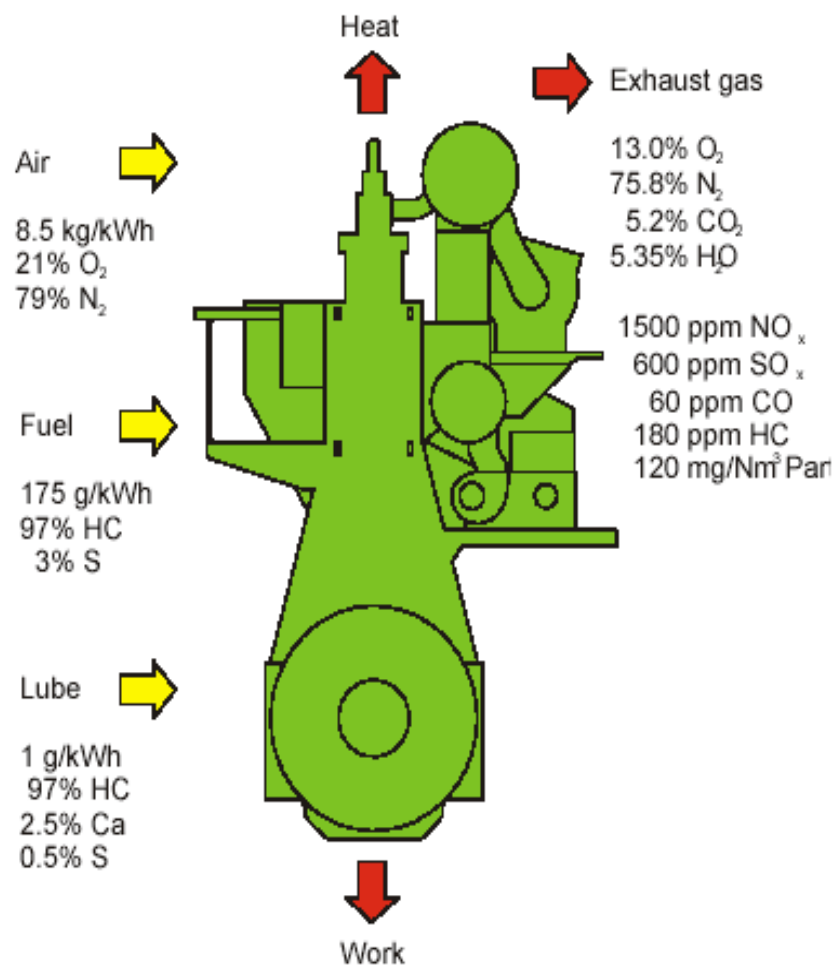
CLEAN DESIGN:

Max. sulphur in fuel oil 0.5% (or 2.0 g SO_x/kWh)

Metody ograniczania emisji

- Pierwotne – przeciwdziałające formowaniu związków toksycznych w komorze spalania
- Wtórne – polegające na oczyszczaniu spalin poprzez zastosowanie odpowiednich systemów

Ograniczenie emisji CO₂



		– kW	5 7275	6 8730	7 10185	8 11640
		kW	1336	1563	1860	2167
		m ³ /h	79	92	109	127
		°C	85.0/70.0	85.0/70.0	85.0/70.0	85.0/70.0
		m ³ /h	87	102	121	141
		°C	38.5/52.0	38.5/52.0	38.5/52.0	38.5/52.0
		°C	32.2	32.2	32.2	32.2
		kW	2514	3083	3549	4001
		m ³ /h	135	175	175	175
		°C	32.0/48.4	32.0/47.5	32.0/49.8	32.0/52.1
Scavenge air	mass flow	kg/h	55639	66767	77895	89023
Lubricating oil cooler	heat dissipation *1)	kW	645	755	897	1044
Oil flow *1)		m ³ /h	102	116	130	144
Oil temperature	cooler in/out	°C	57.9/45.0	58.2/45.0	59.0/45.0	59.8/45.0
Sea-water flow		m ³ /h	87	102	121	141
Sea-water temperature	cooler in/out	°C	32.0/38.5	32.0/38.5	32.0/38.5	32.0/38.5
Mean log. temperature difference		°C	16.0	16.1	16.5	16.8
Sea-water cooling	heat dissipation	kW	4496	5401	6306	7212
Sea-water flow		m ³ /h	222	277	296	316
Sea-water temperature	in/out	°C	32.0/49.8	32.0/49.1	32.0/50.7	32.0/52.0
Exhaust gas	heat dissipation *2)	kW	1864	2236	2609	2982
Mass flow		kg/h	56070	67285	78499	89713
Temperature after turbine		°C	287	287	287	287

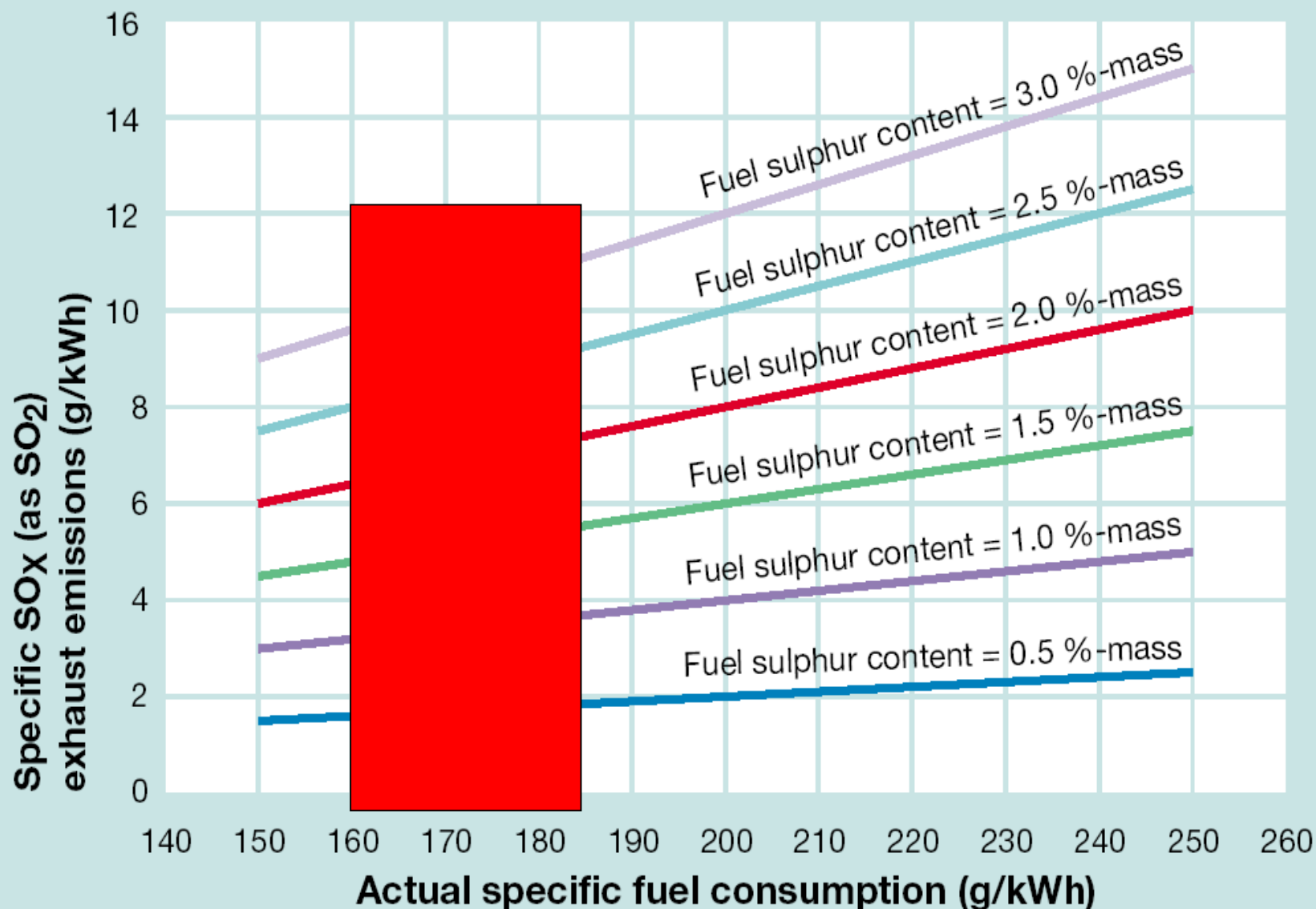
Ograniczenie emisji SO_x

Metody

Table 1 SO_x reduction methods

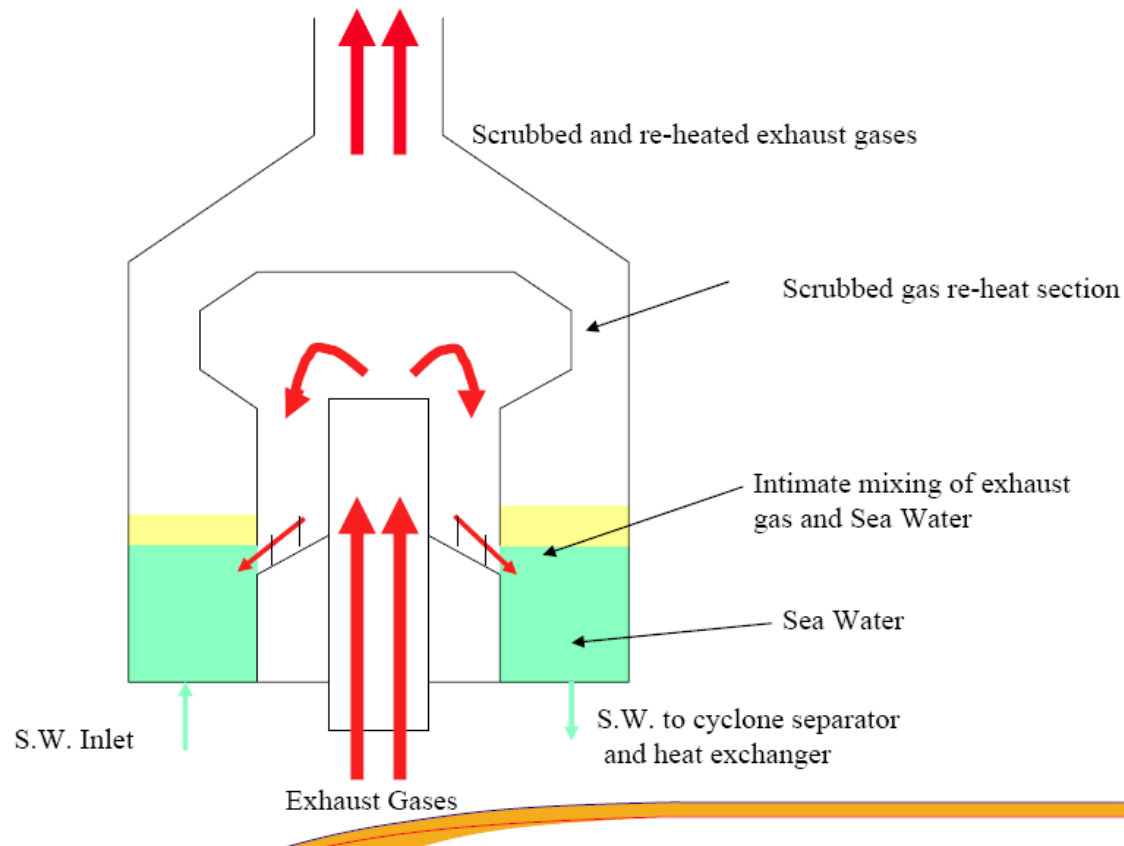
No.	Reduction method	Description	Reduction potential	Investment costs
1	Limiting the sulphur content in the fuel	The method is intended to control the SO _x emissions by means of reduction of the sulphur content in the fuel before delivery of bunker to the ship	Likely 70% /2/	Approx. 180–400 NOK/tonne fuel for reduction from 3% to 1% sulphur. Further reduction will result in a significant cost increase /2/.
2	Sea water scrubbing	The method is intended to control the SO _x emissions by means of seawater washing of the exhaust gas	80% – 95% /4/	Unknown, but anticipated to be significant lower than for a SCR unit (NO _x)

Calculation of specific SO_x exhaust emissions:



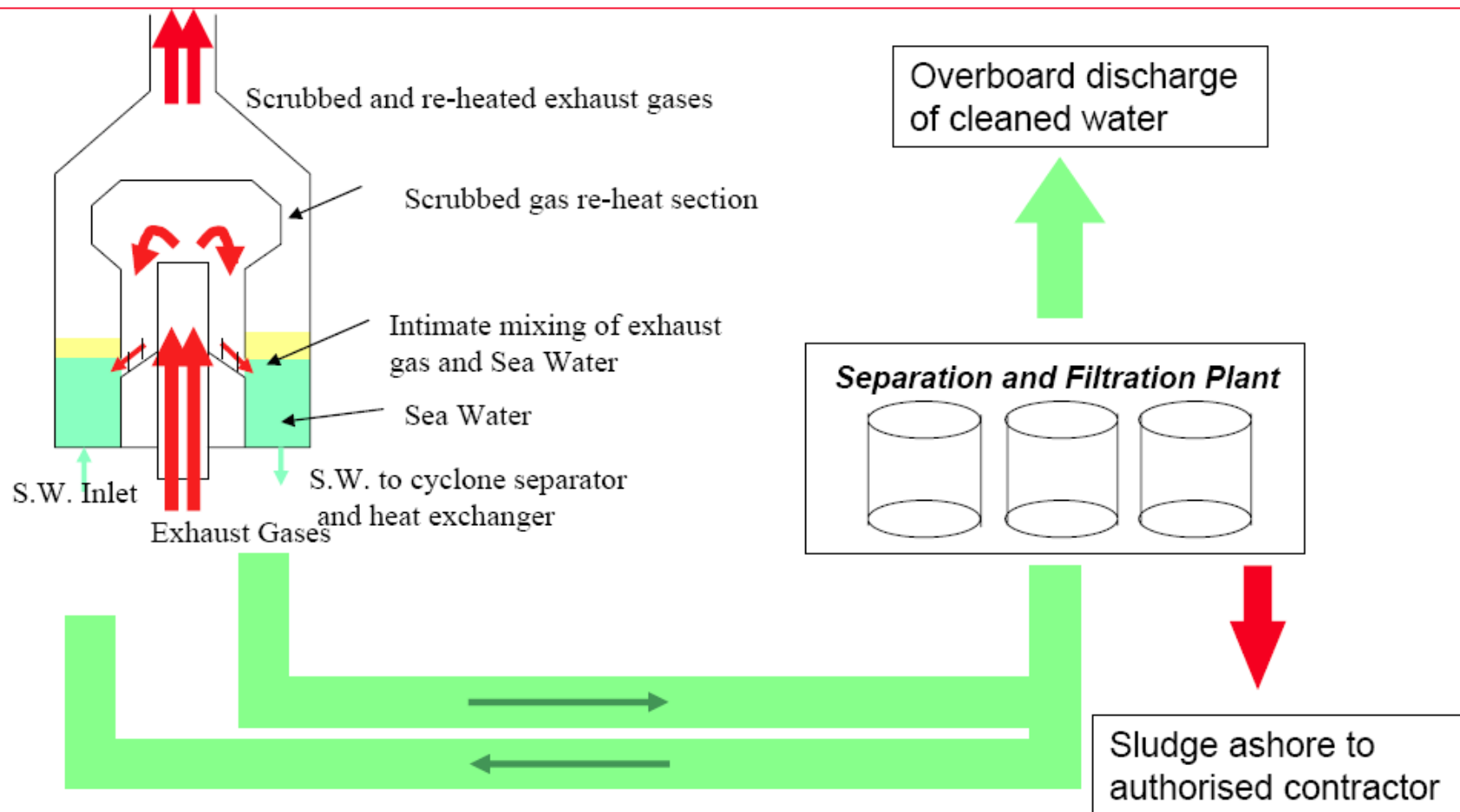
Zasada działania Eco-Tłumika

Exhaust Gases are “intimately” mixed with sea water

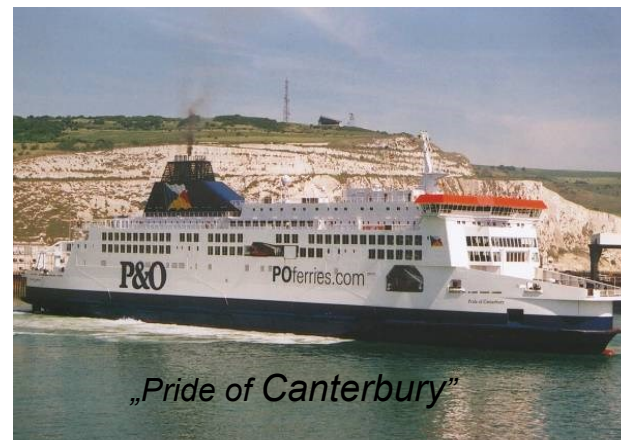


The MES EcoSilencer® works by using its patented design to mix the hot exhaust gas in a turbulent cascade with seawater. Our technology ensures that surface area for contact between gas and water is high, and sufficient time for absorption of pollutants is provided.

Scrubbed water is comprehensively filtered and harmful elements removed



Zastosowanie



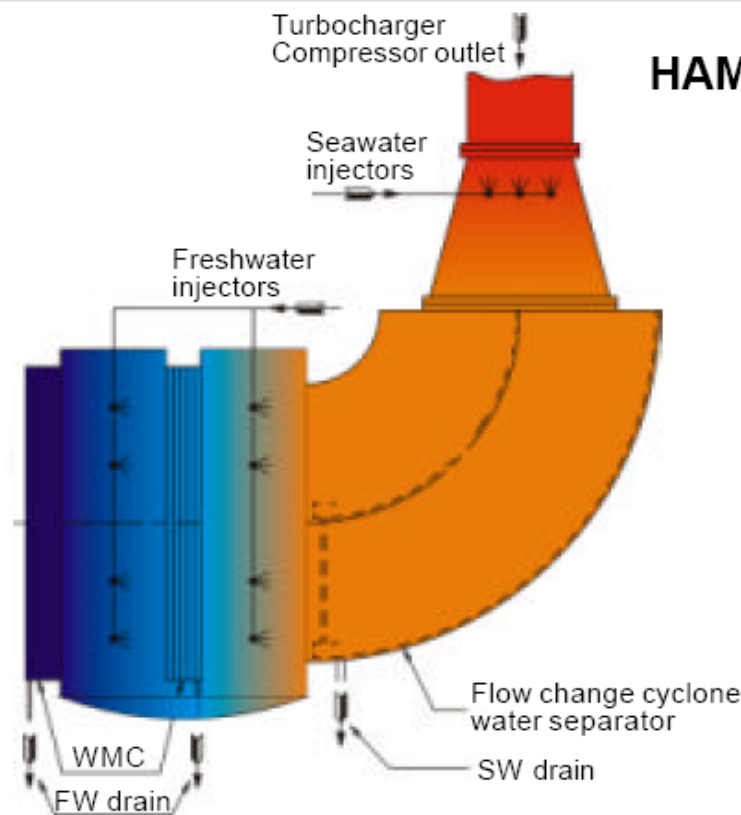
Ograniczenie emisji NO_x

Table 2 NO_x reduction methods

No.	Reduction method	Description	Reduction potential	Investment costs
1	Emulsification	The emulsification method is intended to control the NO _x emissions by means of adding water to the fuel oil.	20% – 25% with 20% - 25% water in the fuel /1/.	approximately 250.000NOK for engines less than 3MW
2	Fumigation (humidification)	The fumigation method is intended to control the NO _x emissions by means of adding water to the charge air.	Indicated to be above 70% /1/.	Unknown
3	Direct injection	The direct injection method is intended to control the NO _x emissions by means of direct injection of water or other liquid directly into the engine cylinders.	50% – 60% /1/	75 – 220 NOK/kW
4	Selective catalytic reduction (SCR)	The SCR method is intended to control the NO _x emissions by means of a selective catalytic reduction unit.	85% to 90% /1/	>1000kW, 300-500NOK/kW <1000kW, 500-1500NOK/kW running expenses excluded
5	Selective none catalytic reduction (SNCR)	The SNCR method is intended to control the NO _x emissions by means of catalytic reduction without presence of a catalyst.	Above 95% /1/	In the same range as a SCR unit
6	Engine tuning and injection retard	The engine tuning and injection retard method is intended to control the NO _x emissions by means of: <ul style="list-style-type: none"> Reducing the charge air temperature Retarding the start of the oil fuel injection 	10% – 30% /1/	Low cost alternative
7	Exhaust gas re-circulation (EGR)	The EGR method is intended to control the NO _x emissions by means of re-circulation of cooled and filtered exhaust gas to the charge air.	Not known	Not known

Humid Air Motor system

Principle Design of HAM system (Humid Air Motor)



HAM influence on NO_x formation

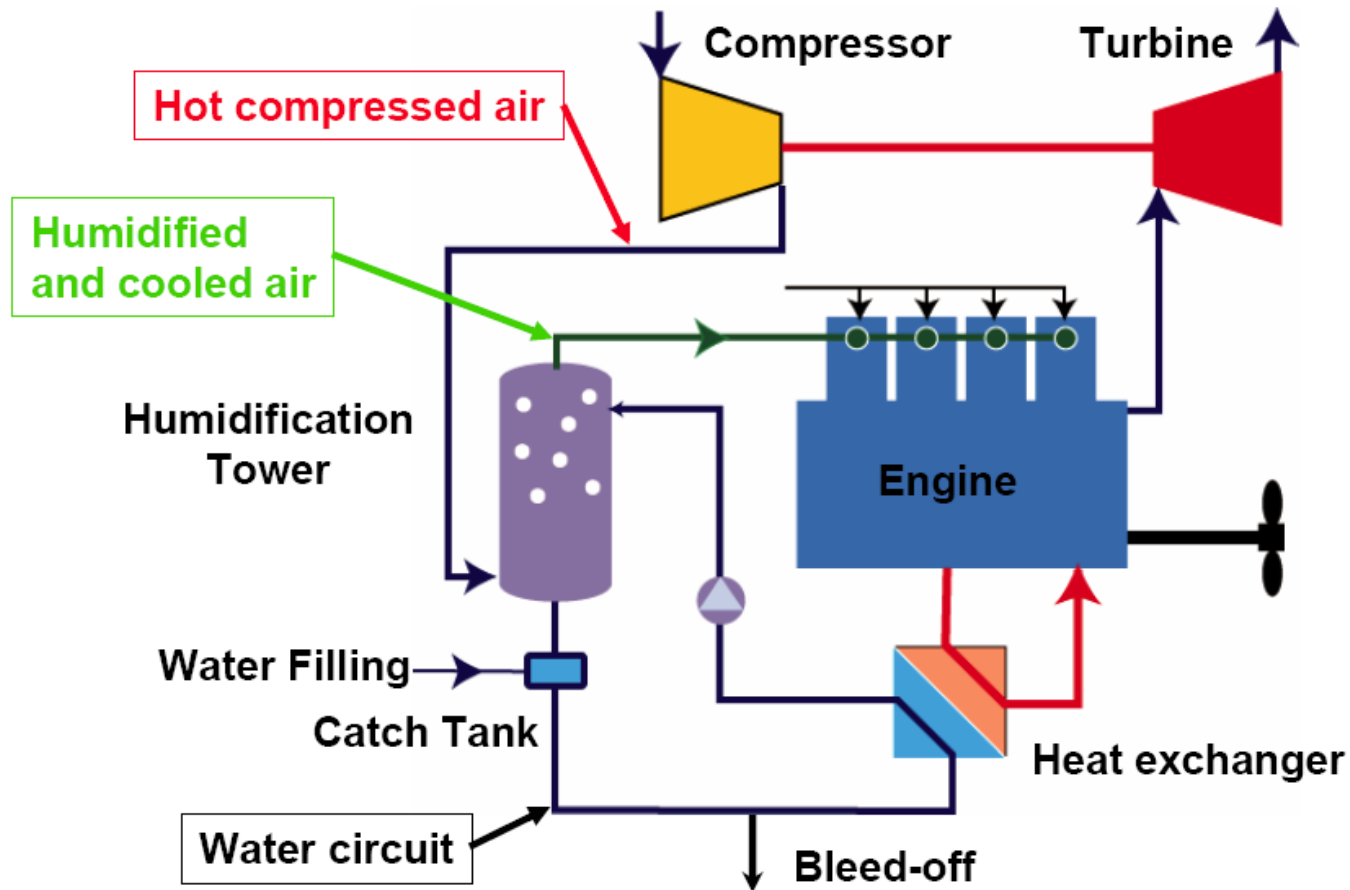
Humidification of scavenge air increases heat capacity and lower the O_2 content

High heat capacity and low O_2 in scavenge air give low combustion temperatures

Low combustion temperatures give low NO_x

Humid Air Motor system

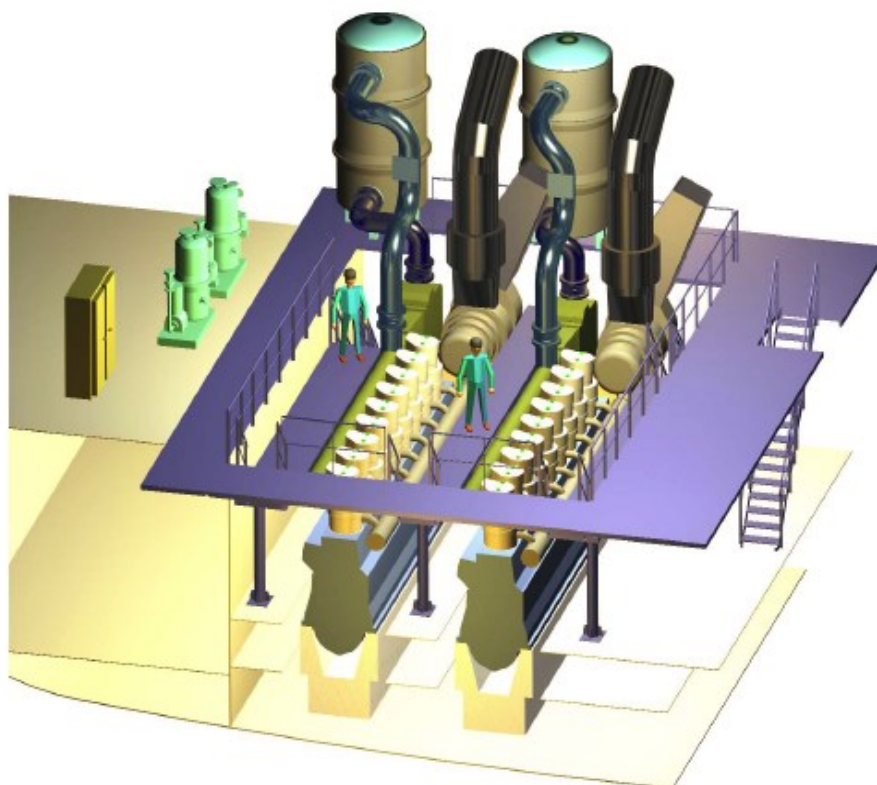
Diesel engine with HAM principle





HAM system – Onboard Experience

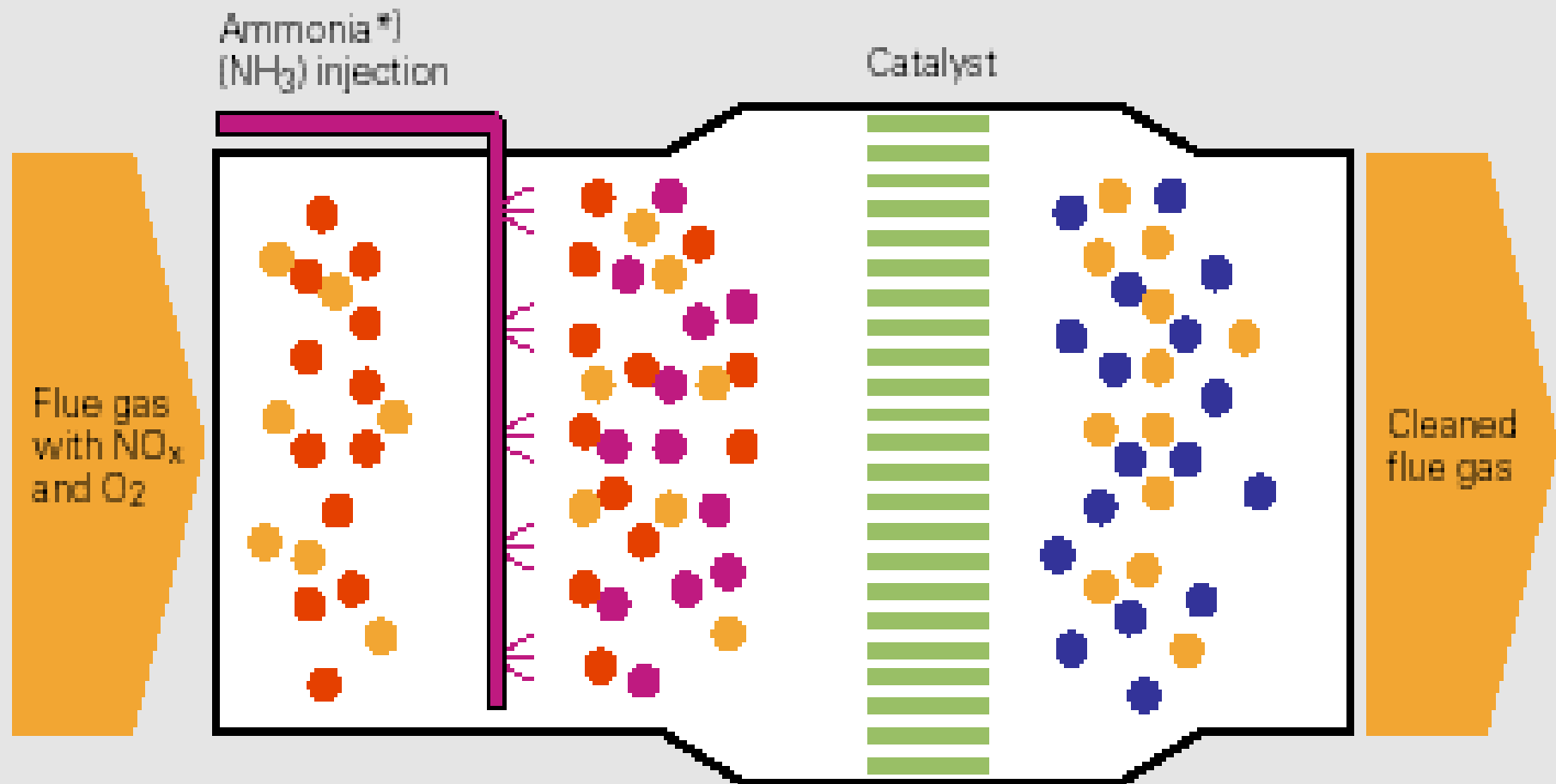
H.A.M. system Arrangement for Engine Room



SCR

Polega na wbudowaniu w układ odlotowy silnika urządzenia filtrującego spaliny drogą katalitycznej redukcji chemicznej. W urządzeniu następuje zamiana tlenków azotu na parę wodną i azot. Proces redukcji przeprowadza się w temperaturze około 275 °C, w obecności katalizatora (metale szlachetne - Pt, Rh, Pd, obecnie tlenki V_2O_5 , TiO_2 , MoO_3) wykonanego najczęściej w formie „plastra miodu”. Możliwa jest redukcję NO_x o 90 lub więcej procent. Wadą tej metody jest stosowanie amoniaku (mocznika) jako reduktora (ilość amoniaku jest ściśle uzależniona od aktualnej zawartości NO_x w spalinach), wymagany wąski zakres temperatury spalin doprowadzanych do reaktora (powoduje to mniejszą skuteczność metody przy niskich obciążeniach silnika) oraz stosunkowo wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

Selective Catalytic Reduction (SCR) Process

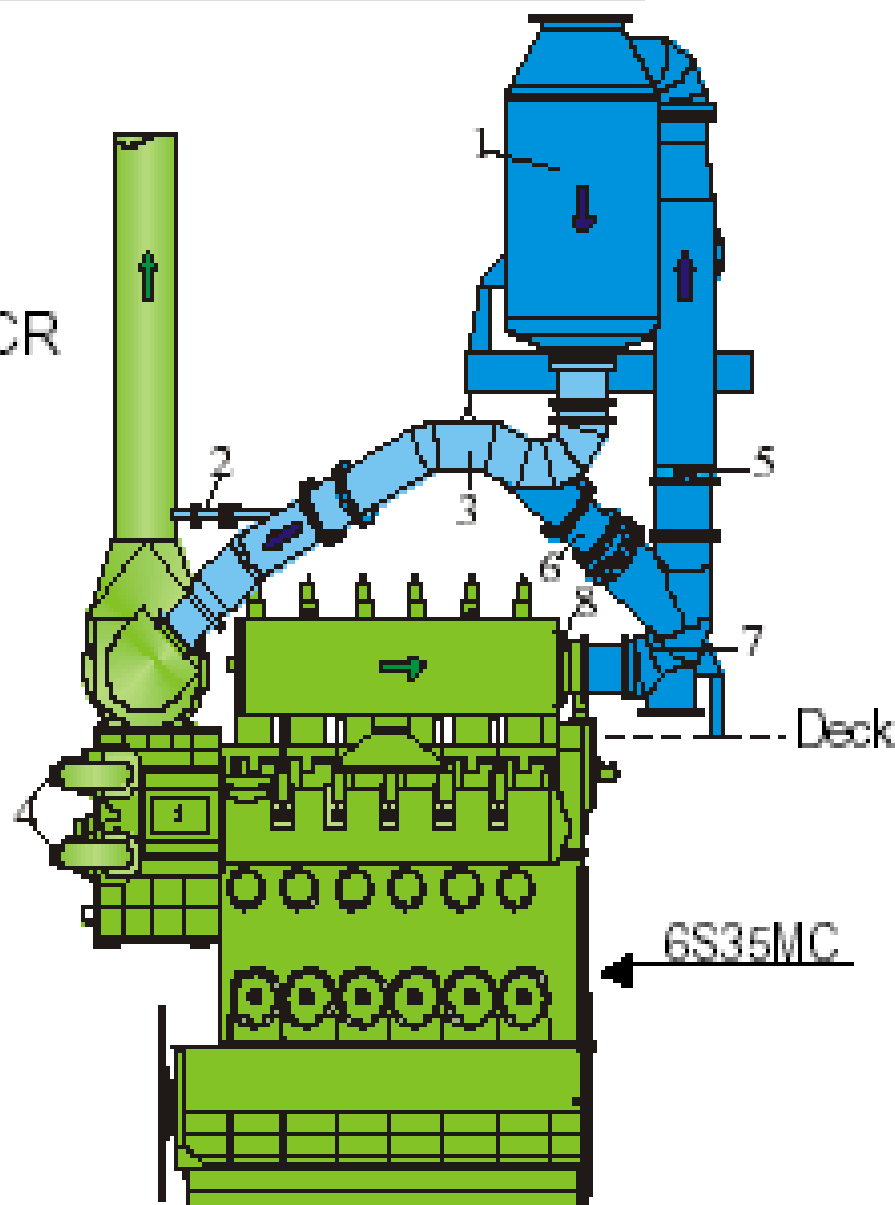


*) Ammonia source can be:

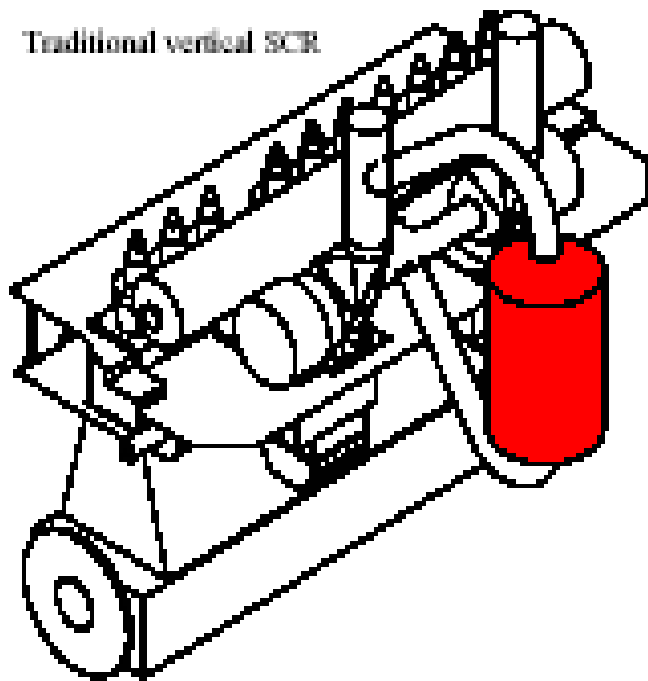
Ammonia in gaseous form or as aqueous solution; Urea as granules or as aqueous solution

SCR System

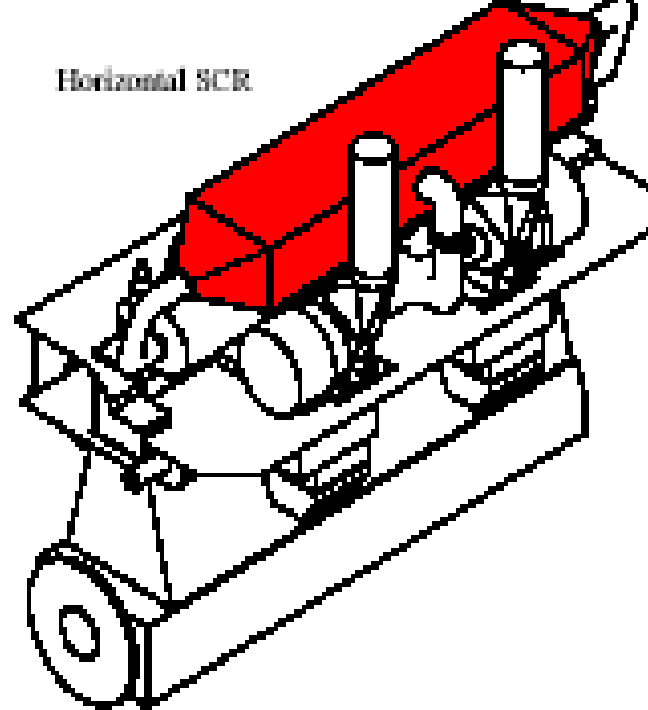
- 1 SCR reactor
- 2 Turbocharger bypass
- 3 Temperature sensor after SCR
- 4 Large motors for auxiliary blowers
- 5 Urea injector
- 6 SCR bypass
- 7 Temperature sensor before SCR
- 8 Additional flange in exhaust gas receiver



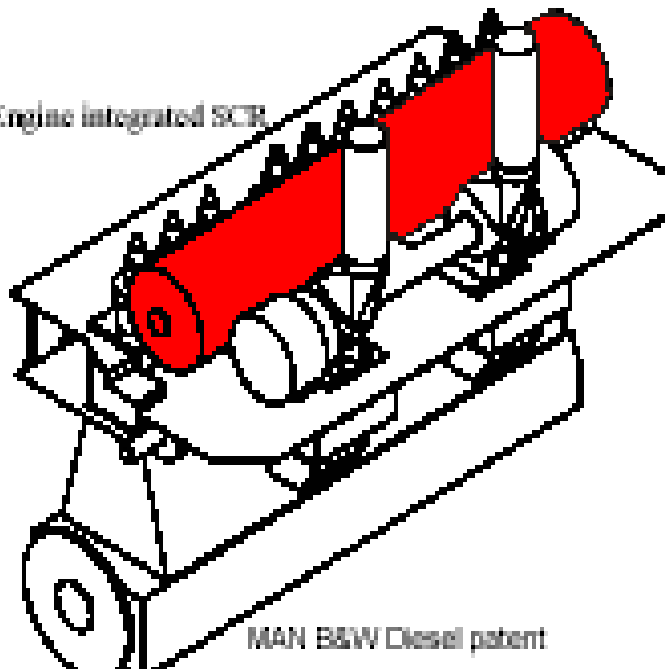
Traditional vertical SCR



Horizontal SCR

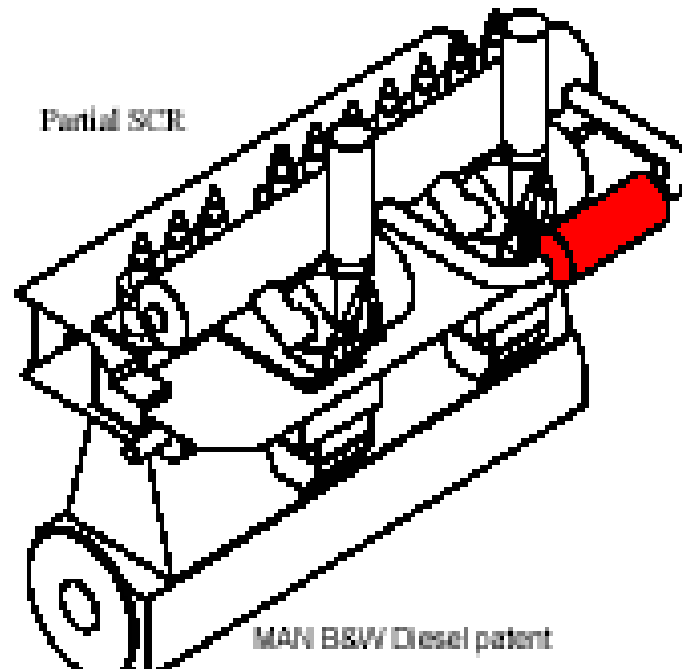


Engine integrated SCR



MAN B&W Diesel patent

Partial SCR



MAN B&W Diesel patent

Maritime Working Group Meeting

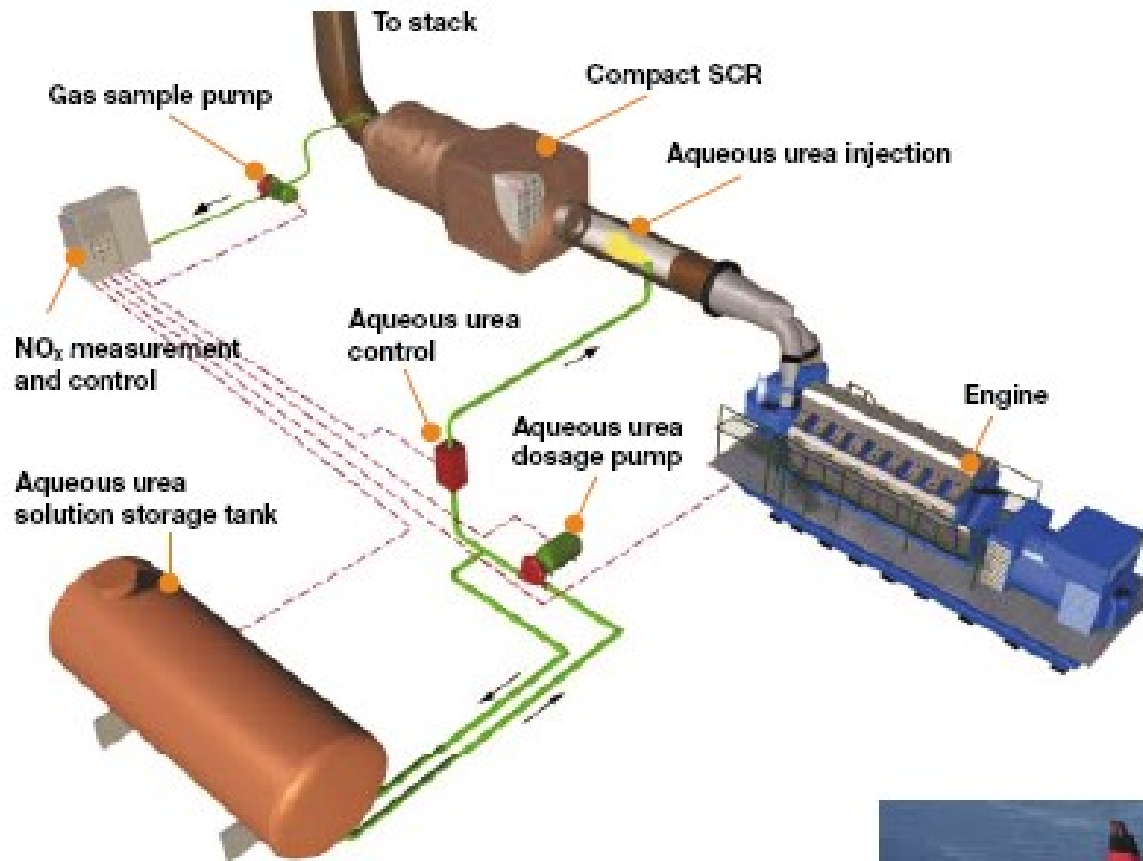
July 26th, 2002 Oakland, CA

Exhaust gas flow: 31,830 lbsh
temperature: 806°F
NO_x -reduction: < 1.5 g/bhp-hr
urea consumption: 10 gal/h
catalysts: SW 35
back pressure: 3.0 in W.C.
fuel: Diesel / MDO

(all given data are typical per line)



Compact SCR concept for medium-speed engine installations



The Gabriella is equipped with one SCR unit that reduces NO_x emissions from one of the three Wärtsilä Vasa 6R32 auxiliary engines.



SINOx SCR Figures Marine

Performance	NOx Reduction	90 - 99 % at MCR
	HC/CO Reduction	80 - 90 % at MCR
	Soot Reduction	30 - 40 % at MCR
	Noise Reduction	30 - 35 dB(A)
Operation	Temperature Span	250 - 530 C
	Fuel	MDO/HFO
Installation	Weight	Silencer +30 - 60 %
	Volume	Silencer +/- 20 %
Consumables	Urea Solution (40%)	15 - 20 l/h (per MW)
	Catalyst Life Span	10,000 - 40,000 h
Cost for SINOx	Investment Cost	40 - 70 USD/kW
	Operation Cost	3 - 4 USD/MWh
	NOx Cost	0.35 USD/kg NOx



POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA

KATEDRA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH



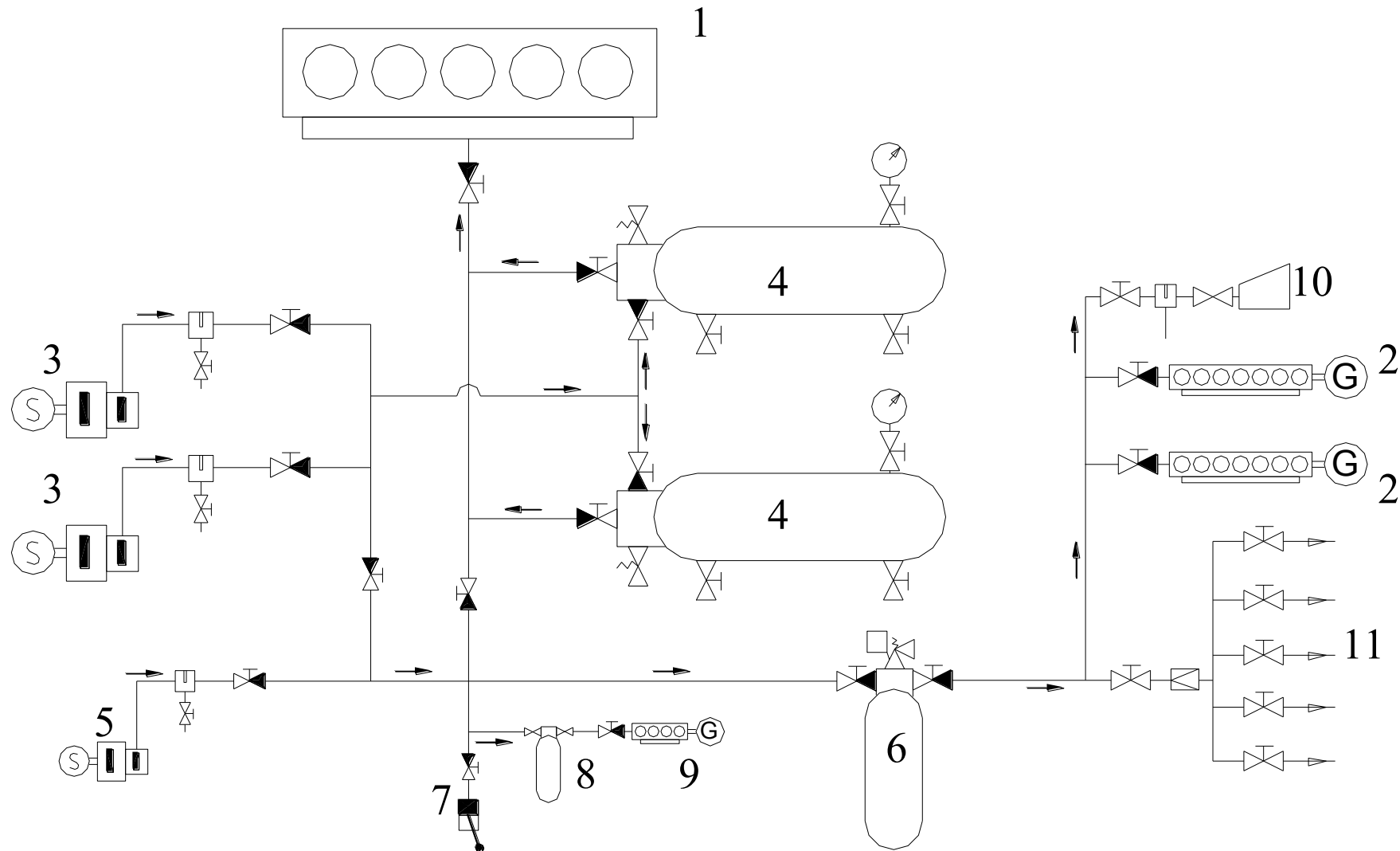
dr inż. Paweł Szymański

WYBRANE INSTALACJE STATKÓW TRANSPORTOWYCH

Zagadnienia

- Instalacje sprężonego powietrza
 - Zadania instalacji.
 - Zapotrzebowanie na sprężone powietrze.
 - Podstawowe elementy instalacji – ogólny opis.
 - Armatura i osprzęt.
- Parowe instalacje grzewcze
 - Zadania instalacji - zastosowanie pary na statkach z napędem spalinowym.
 - Ogólna budowa instalacji – opis podstawowych elementów

Sprężone powietrze stosowane jest na statku przede wszystkim do rozruchu spalinowych silników tłokowych głównych i pomocniczych, również do hamowania dużych silników. Poza tym używane jest do celów pomocniczych jak np. przedmuchiwanie (czyszczenie) filtrów, skrzyń kingstonowych, do wytwarzania i odnawiania poduszek powietrza w zbiornikach ciśnieniowych (hydrofory wody słodkiej i sanitarnej), zdmuchiwanie sadzy w kotłach pomocniczych, tyfon, układy automatyki i sterowania, na cele warsztatowe i gospodarcze - np. napęd narzędzi pneumatycznych.



1- silnik główny, 2- silniki pomocnicze niezależnych zespołów prądotwórczych, 3- sprężarki główne, 4- zbiorniki rozruchowe główne, 5- sprężarka pomocnicza, 6- zbiornik rozruchowy silników pomocniczych, 7- sprężarka awaryjna, 8- zbiornik rozruchowy zespołu awaryjnego, 9- zespół awaryjny, 10- tyfon, 11- sprężone powietrze o zredukowanym ciśnieniu na cele pomocnicze

Do sprężania powietrza stosowane są sprężarki tłokowe z chłodnicą międzystopniową i chłodnicą końcową. Ponieważ powietrze zostaje zanieczyszczone olejem (smarowanie cylindrów sprężarki) oraz jest schładzane, na odlocie instaluje się separator wody i oleju. Na rurociągu za sprężarką instaluje się zawór zaporowo-zwrotny oraz zawór bezpieczeństwa. Musi być również zainstalowany zawór odciążający i zawór odwadniający (w najniższym punkcie instalacji). Powietrze jest przechowywane w zbiornikach (butlach).

Zbiorniki główne sprężonego powietrza

Zadaniem tych zbiorników jest magazynowanie odpowiedniej ilości sprężonego powietrza, przede wszystkim przeznaczonego do rozruchów silnika głównego. Objętość zbiorników rozruchowych określa się na podstawie przepisów towarzystw klasyfikacyjnych, ustalających minimalną liczbę rozruchów, jaką można wykonać bez uzupełniania w nich powietrza.

Obliczenia i dobór zbiorników głównych sprężonego powietrza

16.1.2 Zapas sprężonego powietrza do rozruchu silników głównych i działania ich układów sterowania powinien być przechowywany w co najmniej dwóch zbiornikach lub grupach zbiorników, zainstalowanych tak, aby mogły być użytkowane niezależnie. W każdym z tych dwóch zbiorników lub w każdej ich grupie powinien być przechowywany zapas powietrza rozruchowego nie mniejszy niż połowa zapasu wymaganego odpowiednio w 16.1.3 i 16.1.4.

16.1.3 Zapas sprężonego powietrza we wszystkich zbiornikach przeznaczony do rozruchu i nawrotu silników głównych powinien zapewniać wykonanie co najmniej 12 rozruchów, na przemian naprzód i wstecz, każdego silnika przygotowanego do ruchu.

16.1.4 Zapas sprężonego powietrza do rozruchu głównych silników nienawrotnych, napędzających śruby o skoku nastawnym lub połączonych z innymi mechanizmami, umożliwiającymi rozruch silników bez obciążenia, powinien zapewniać wykonanie przez silnik przygotowany do ruchu co najmniej:

- 6 rozruchów w instalacji z jednym silnikiem,
- 3 rozruchy każdego silnika w instalacji z dwoma i więcej silnikami.

Obliczenia i dobór zbiorników głównych sprężonego powietrza

Pt.4 Ch.6 Sec.5 I

Table I1 Capacity for number of starts	
<i>Duty of engines</i>	<i>Number of starts</i>
Propulsion engines, reversible	12 starts
Propulsion engines, non-reversible	6 starts
Engines for driving electric generators and emergency generators, and engines for other purposes	3 starts each

Pt.4 Ch.6 Sec.5 I

304 For multi-engine propulsion plants the capacity of the starting air receivers shall be sufficient for 3 starts per engine. However, the total capacity shall not be less than 12 starts and need not exceed 18 starts.

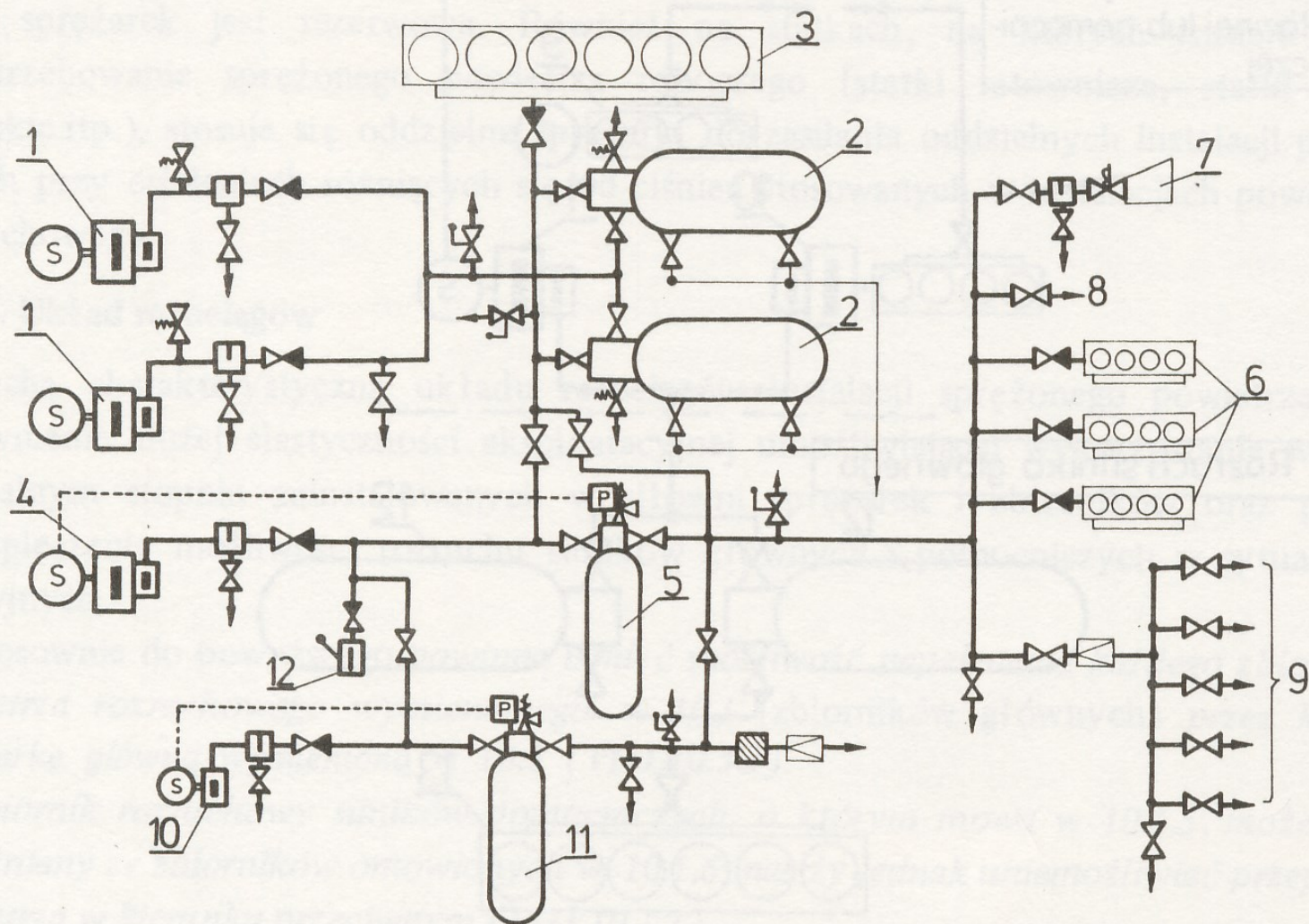
Zbiorniki sprężonego powietrza silników pomocniczych

16.1.5 Do rozruchu silników pomocniczych należy przewidzieć oddzielny zbiornik sprężonego powietrza, o pojemności wystarczającej do wykonania 6 rozruchów największego z silników przygotowanych do ruchu. Dodatkowo należy:

- przewidzieć możliwość uruchamiania silników pomocniczych z jednego ze zbiorników rozruchowych silników głównych,
lub
- wymaganą ilość sprężonego powietrza pomieścić w dwóch zbiornikach o pojemności każdego wystarczającej dla 3 rozruchów.

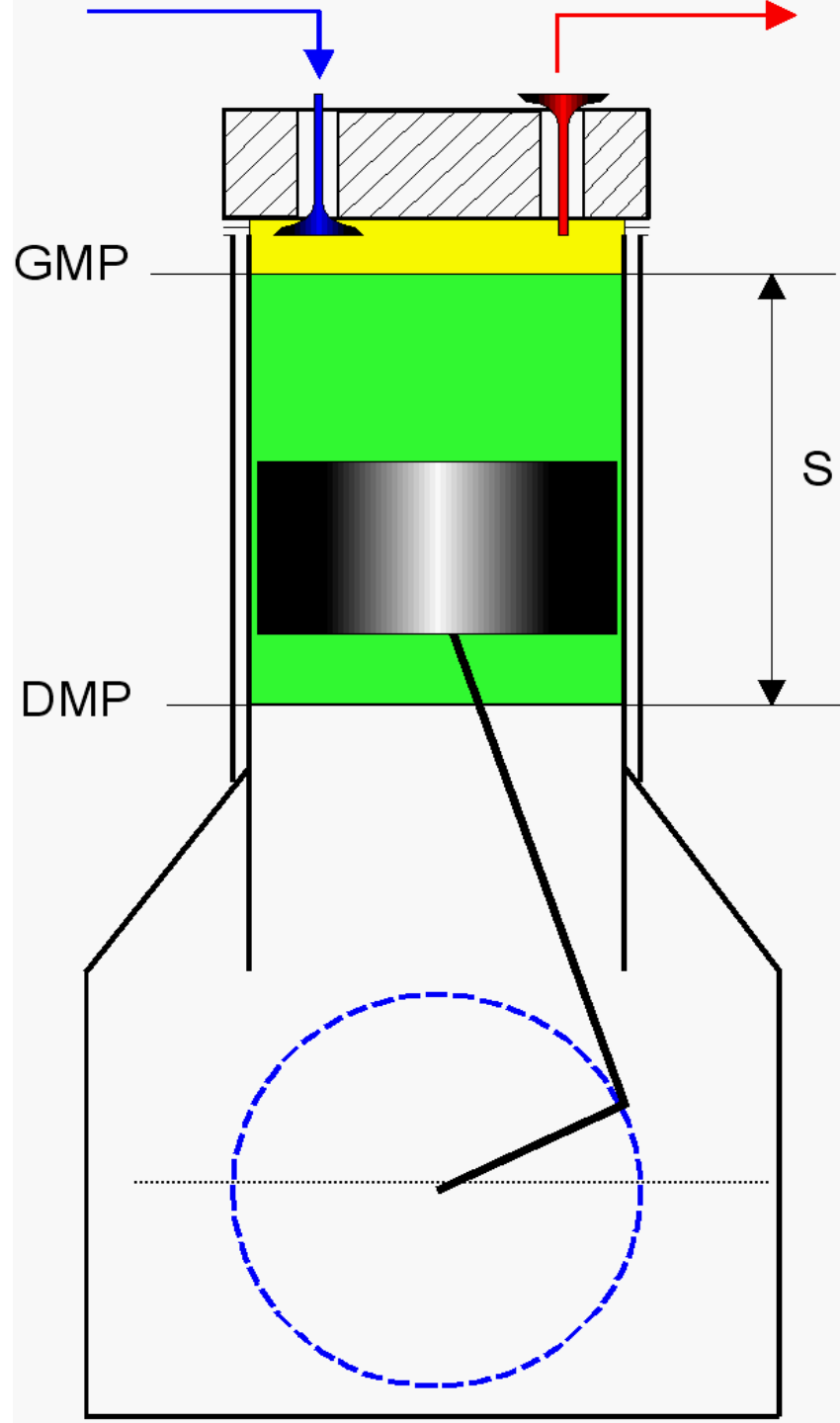
PRS może zrezygnować z wymagania instalowania oddzielnego zbiornika do rozruchu silników pomocniczych, jeżeli będzie spełnione wymaganie 16.1.6.

16.1.7 Zbiornik rozruchowy silników pomocniczych, o którym mowa w 16.1.5, może być dopełniany ze zbiorników omówionych w 16.1.6, należy jednak unie-
możliwić przepływ powietrza w przeciwnym kierunku.

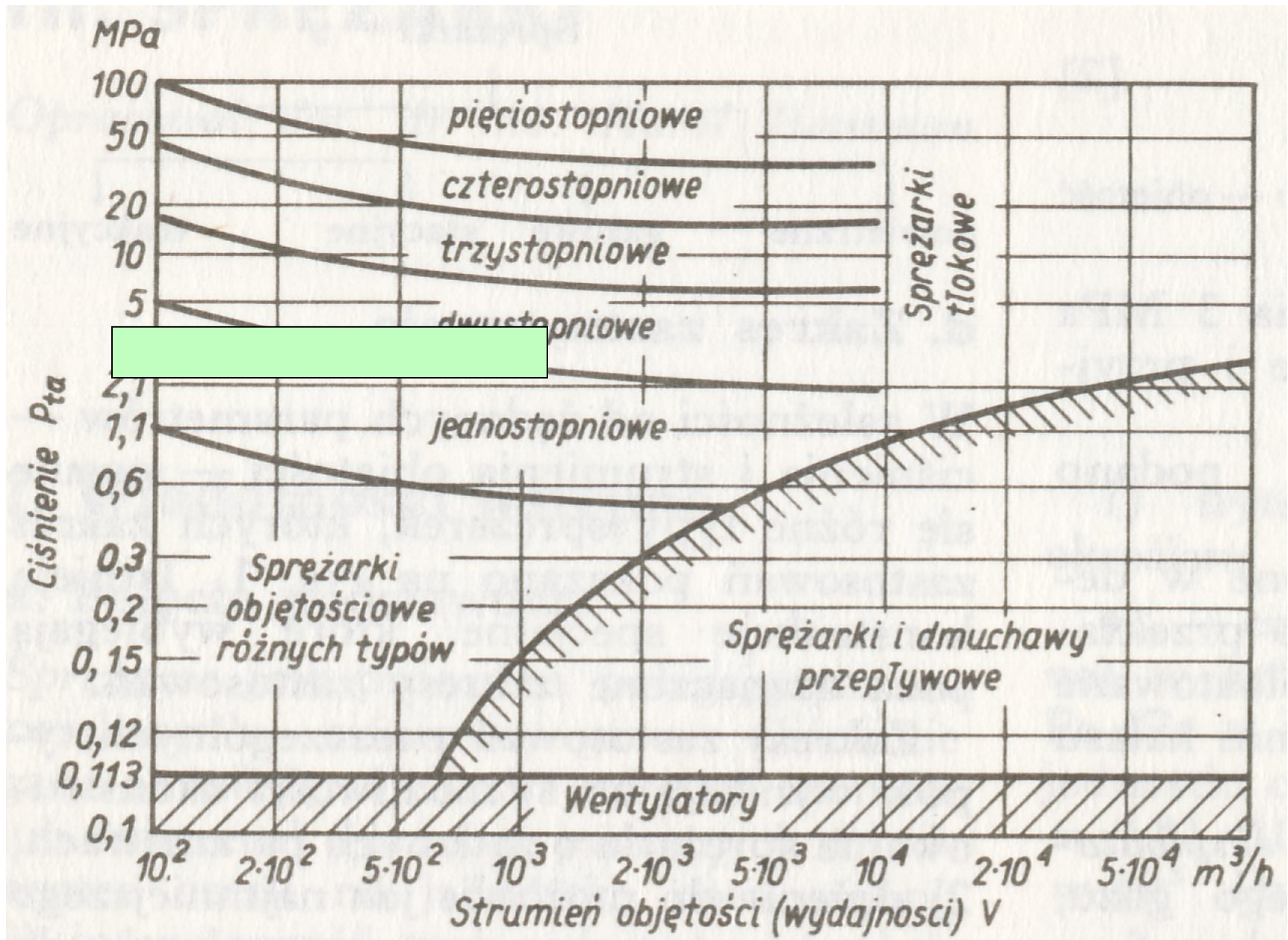


Rys. 5.12. Schemat rurociągów sprężonego powietrza 1 – sprężarki główne; 2 – zbiorniki główne; 3 – silnik główny; 4. sprężarka z rozruchem automatycznym; 5 – zbiornik pomocniczy; 6 – zespoły prądotwórcze; 7 – tyfon; 8 – do instalacji CO₂; 9 – cele pomocnicze; 10 – sprężarka układu automatyki; 11 – zbiornik układu automatyki pneumatycznej; 12 – sprężarka ręczna.

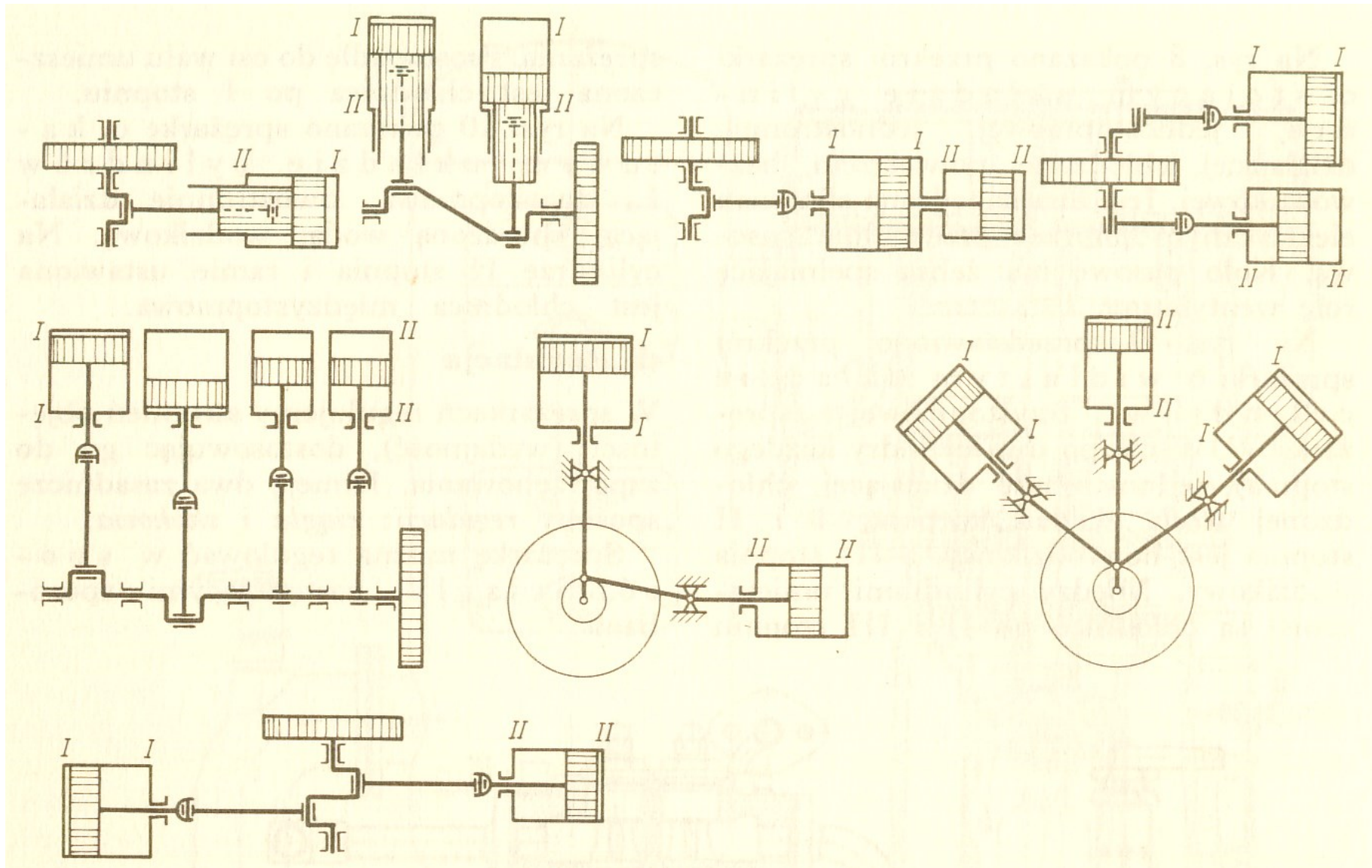
Sprężarka tłokowa



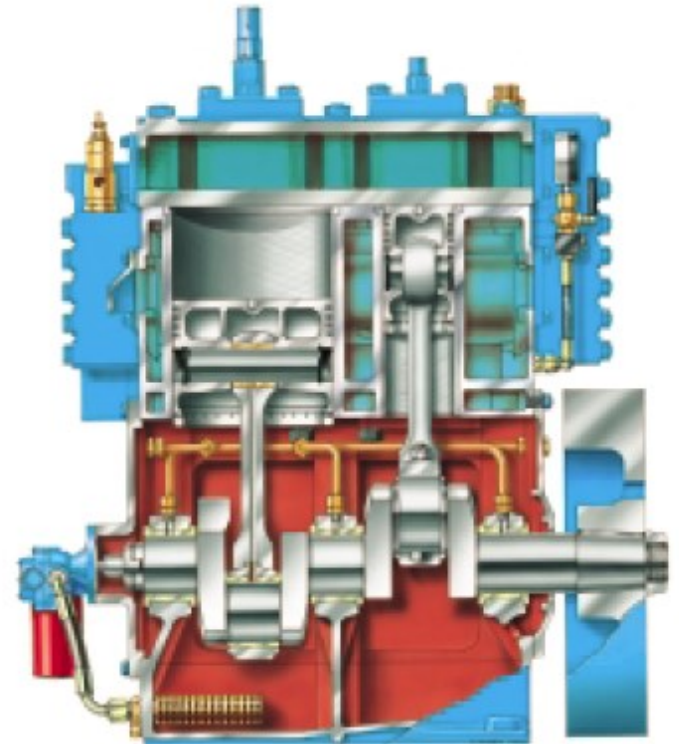
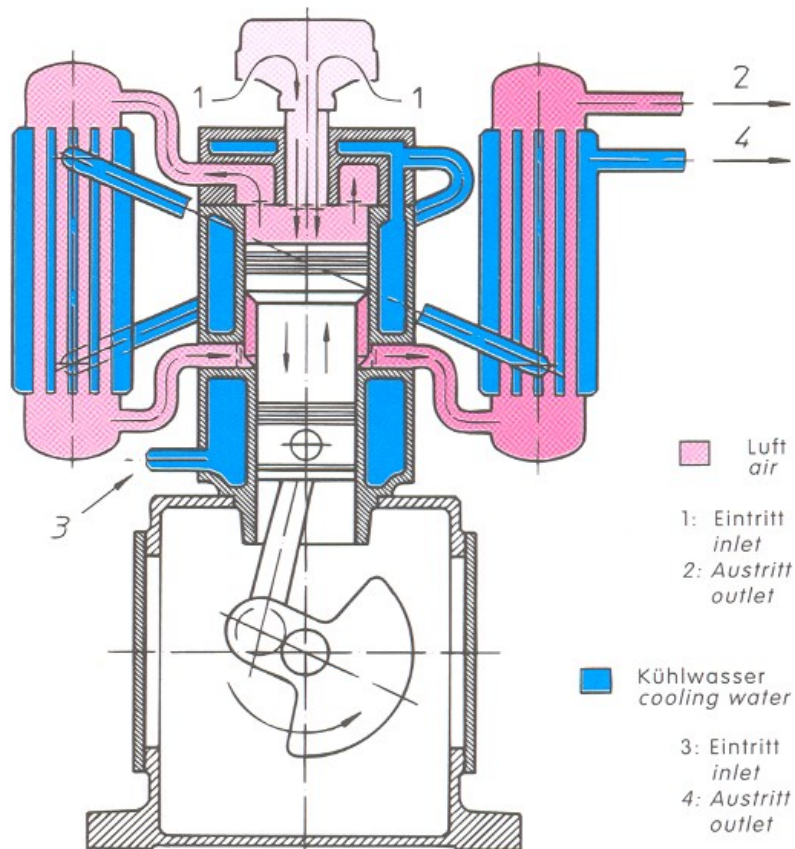
Sprężarki



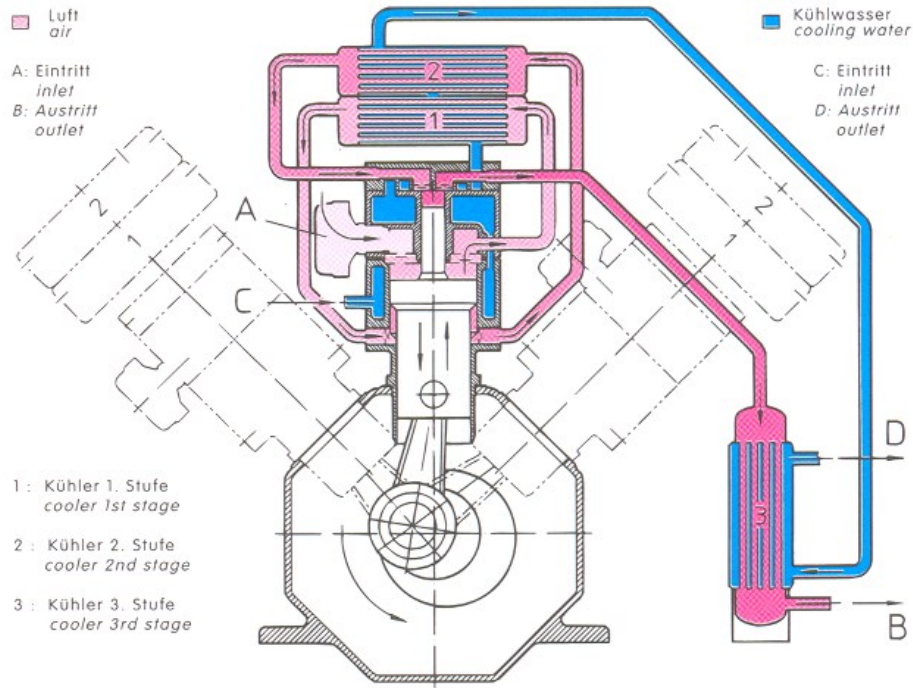
Sprężarki dwustopniowe



Sprężarki

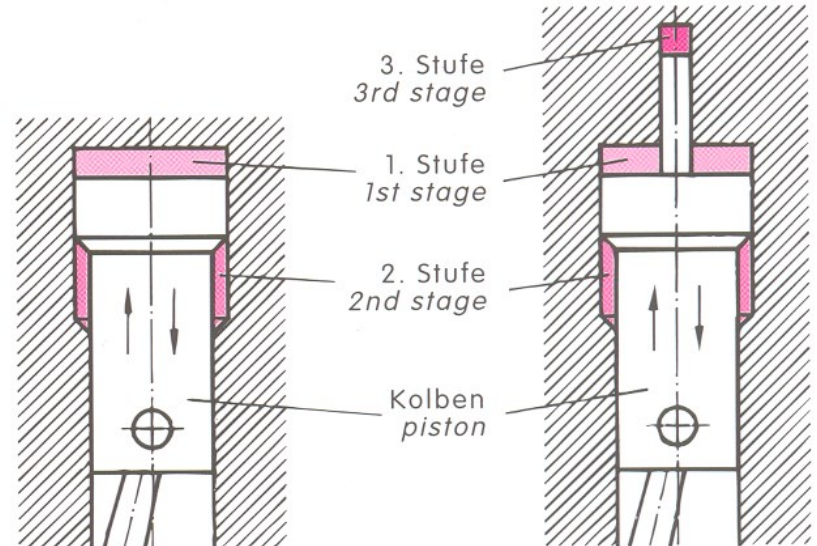


Sprężarki



2-stufiger Kompressor
2-stage compressor

3-stufiger Kompressor
3-stage compressor



Sprężarki

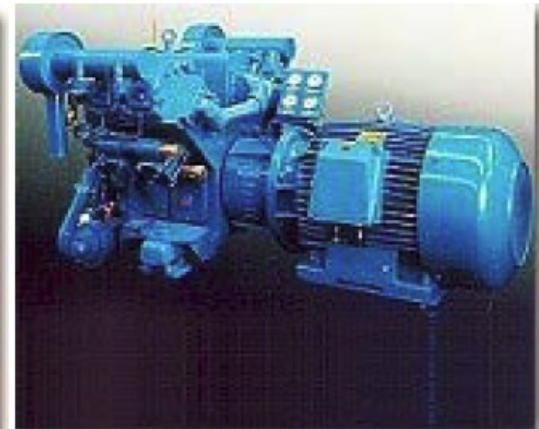
H. Cegielski **Sprężarki typu SF i SFV**



Sprężarka SF2-125
 $Q=108-180 \text{ m}^3/\text{h}$



Sprężarka SF3-125
 $Q=162-270 \text{ m}^3/\text{h}$



Sprężarka SFV4-125
 $Q=216-360 \text{ m}^3/\text{h}$

Sprężarki chłodzone wodą typu SF i SFV są maszynami tłokowymi, o dwóch stopniach sprężania, z tłokami różnicowymi, z koncentrycznymi zaworami samoczynnymi. Budowane są w wersji rzędowej jedno-, dwu- i trzycylindrowej oraz w wersji widlastej cztero- i sześciocylindrowej przy różnych wariantach prędkości obrotowej w granicach od 750 do 1500 obrotów na minutę. Pozwala to w szerokim zakresie spełniać oczekiwania klientów odnośnie wymaganej wydajności i ciśnienia (zakres wydajności od 45 do 720 m³/h, zakres ciśnień od 5 do 40 barów).

Sprężarki

Typ	Obroty [obr/min]	Wydajność [m ³ /h] przy ciśnieniu p [bar]			Moc na wale [kW] przy ciśnieniu p [bar]			Zasilanie [V/Hz]	Masa zespołu kg
		p=10	p=30	p=40	p=10	p=30	p=40		
SF1-125	750	52	47	45	7,0	9,0	10,0	3x380/50	750
	900	62	56	54	8,0	10,5	12,0	3x440/60	750
	1000	72	65	60	9,5	12,5	14,0	3x380/50	750
	1200	85	76	72	12,0	15,0	16,5	3x440/60	750
	1500	106	95	90	15,5	18,5	20,5	3x380/50	750
SF2-125	900	127	114	108	16,5	22,0	24,5	3x440/60	1140
	1000	142	127	120	18,5	24,5	27,5	3x380/50	1140
	1200	170	152	144	23,5	29,5	32,5	3x440/60	1140
	1500	212	190	180	32,0	37,0	41,0	3x380/50	1140
SF3-125	900	190	170	162	24,0	33,0	36,5	3x440/60	1495
	1000	212	190	180	28,0	37,0	41,0	3x380/50	1495
	1200	252	226	216	34,0	43,0	47,5	3x440/60	1495
	1500	318	285	270	47,0	55,0	60,5	3x380/50	1495
SFV4-125	900	288	240	216	32,5	44,0	48,5	3x440/60	1600
	1000	319	266	240	36,0	49,0	54,0	3x380/50	1600
	1200	383	319	288	43,5	59,0	65,0	3x440/60	1600
	1500	480	400	360	58,5	74,0	87,0	3x380/50	1600
SFV6-125	900	390	360	-	49,0	66,0	-	3x440/60	2100
	1000	433	400	-	54,0	73,0	-	3x380/50	2100
	1200	520	480	-	65,5	88,5	-	3x440/60	2100
	1500	650	600	-	82,0	111,0	-	3x380/50	2100

Starting air *3)	at design pressure	bar	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30	
	Two bottles	capacity each	m³	9.9	8.5	11.5	9.9	13.4	11.5	14.9	12.9	16.5	14.2	18.1	15.5	19.7	16.8
	Two air compressors	capacity each	m³/h	250	260	290	300	340	350	380	390	420	430	460	470	500	510

Sprężarki główne powietrza rozruchowego

16.2.1 Liczba sprężarek głównych nie powinna być mniejsza od dwóch, przy czym jedna z nich może być sprężarką zawieszoną. Całkowita wydajność sprężarek głównych powinna być wystarczająca do napełnienia w ciągu 1 godziny zbiorników sprężonego powietrza silników głównych od ciśnienia atmosferycznego do ciśnienia niezbędnego do wykonania określonej w 16.1.3 lub 16.1.4 liczby rozruchów i nawrotów.

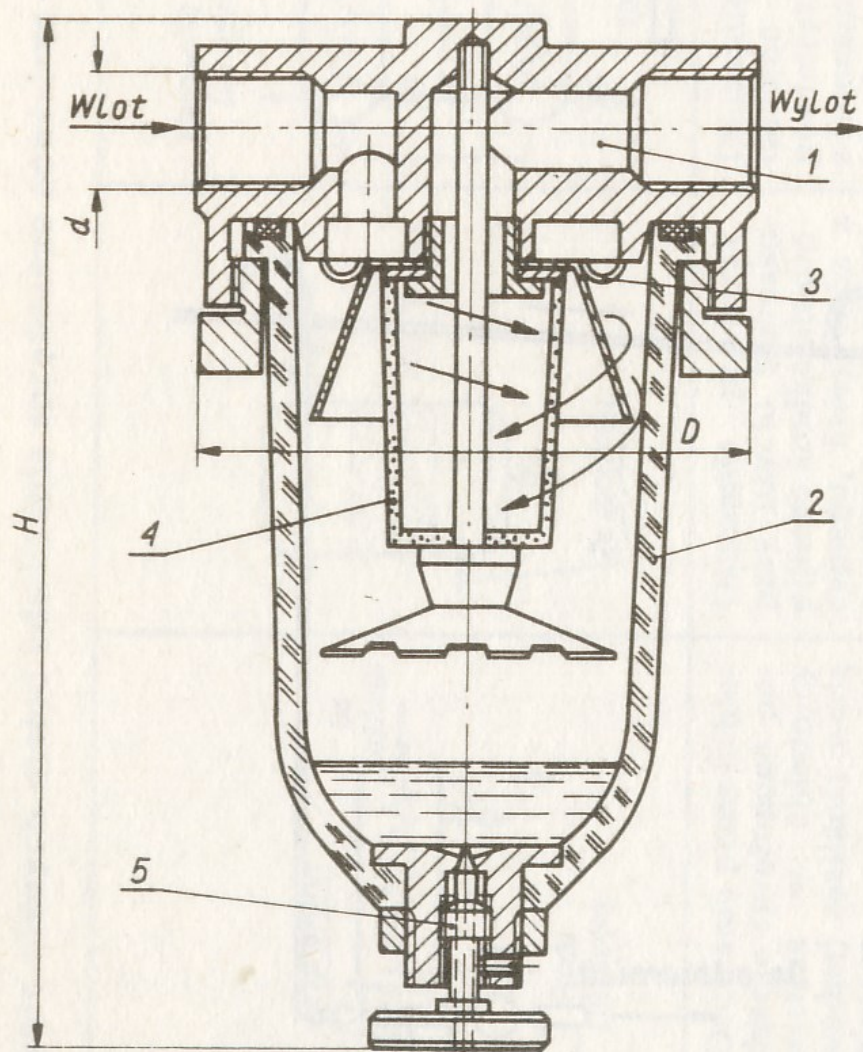
Wydajność poszczególnych sprężarek głównych powinna być jednakowa. Wydajność sprężarek z napędem niezależnym nie powinna być mniejsza niż 0,5 wydajności wymaganej dla wszystkich sprężarek głównych.

Pt.4 Ch.6 Sec.5 I

305 Two or more compressors shall be installed with a total capacity sufficient for charging the air receivers from atmospheric to full pressure in the course of one (1) hour.

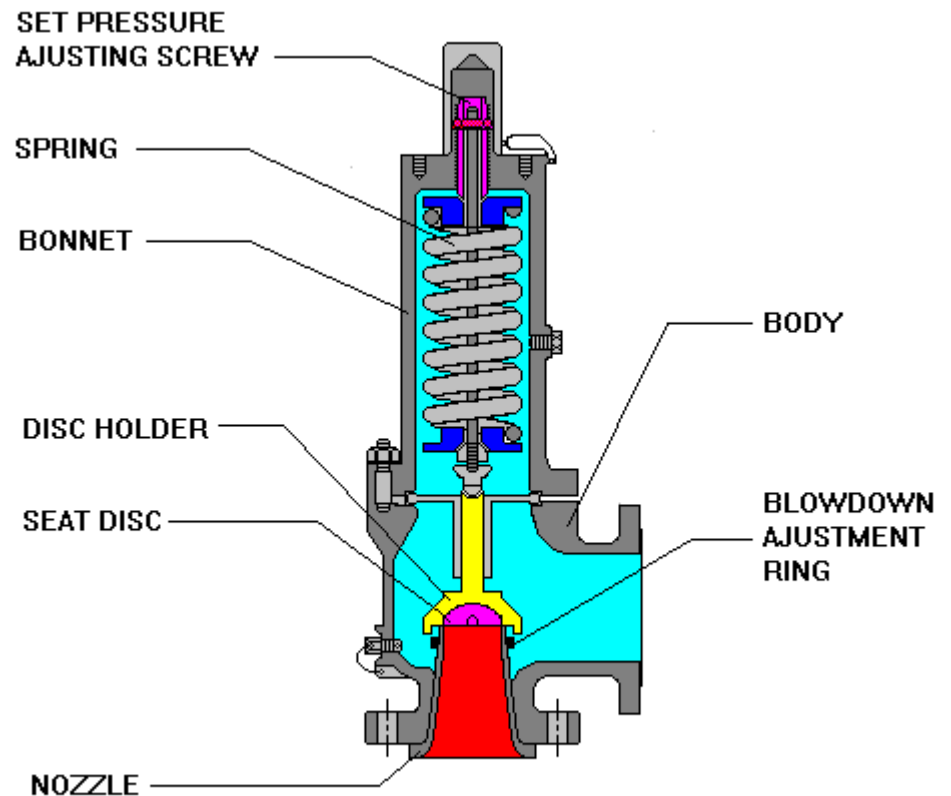
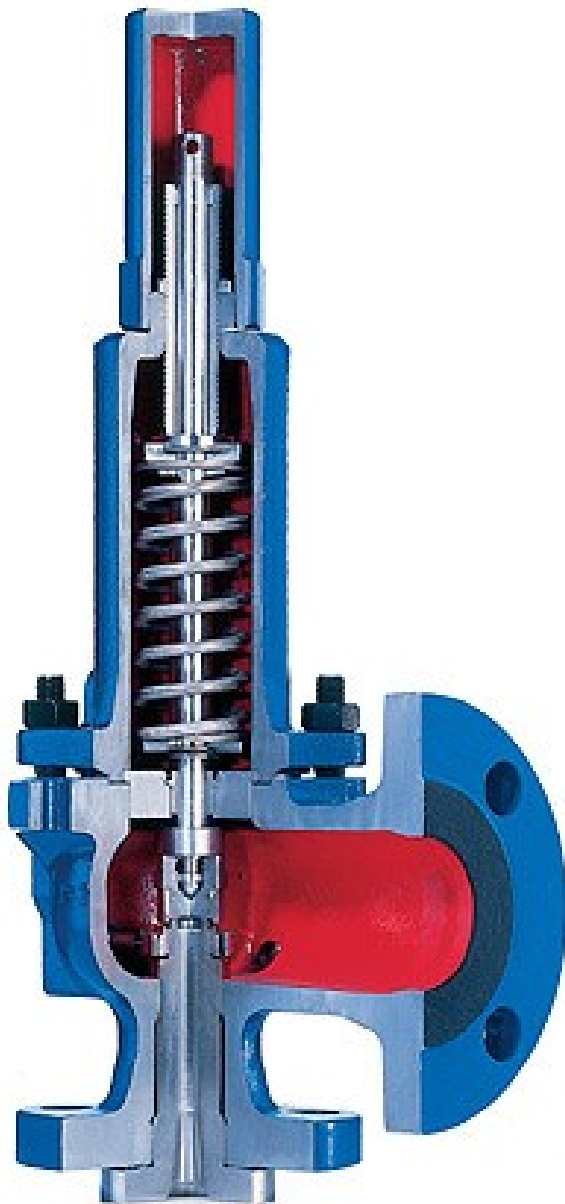
The capacity shall be approximately equally shared between the compressors. At least one of the compressors shall be independently driven.

Armatura i osprzęt



d	H	D
G 1/4"	165	65
G 1/4"	175	95
G 3/4"	210	115

Armatura i osprzęt



Parowe instalacje grzewcze

Zapotrzebowanie energii cieplnej jest wypadkową szeregu czynników zarówno konstrukcyjnych jak i eksploatacyjnych. Potrzeby te uzależnione są od następujących czynników:

- typ i wielkość statku, rodzaj przewożonego ładunku,
- linia żeglugowa (strefa klimatyczna), pora roku i doby,
- typ i moc głównego silnika napędowego oraz rodzaj paliwa,
- rozpatrywany, charakterystyczny dla danego statku stan (stany) eksploatacji.

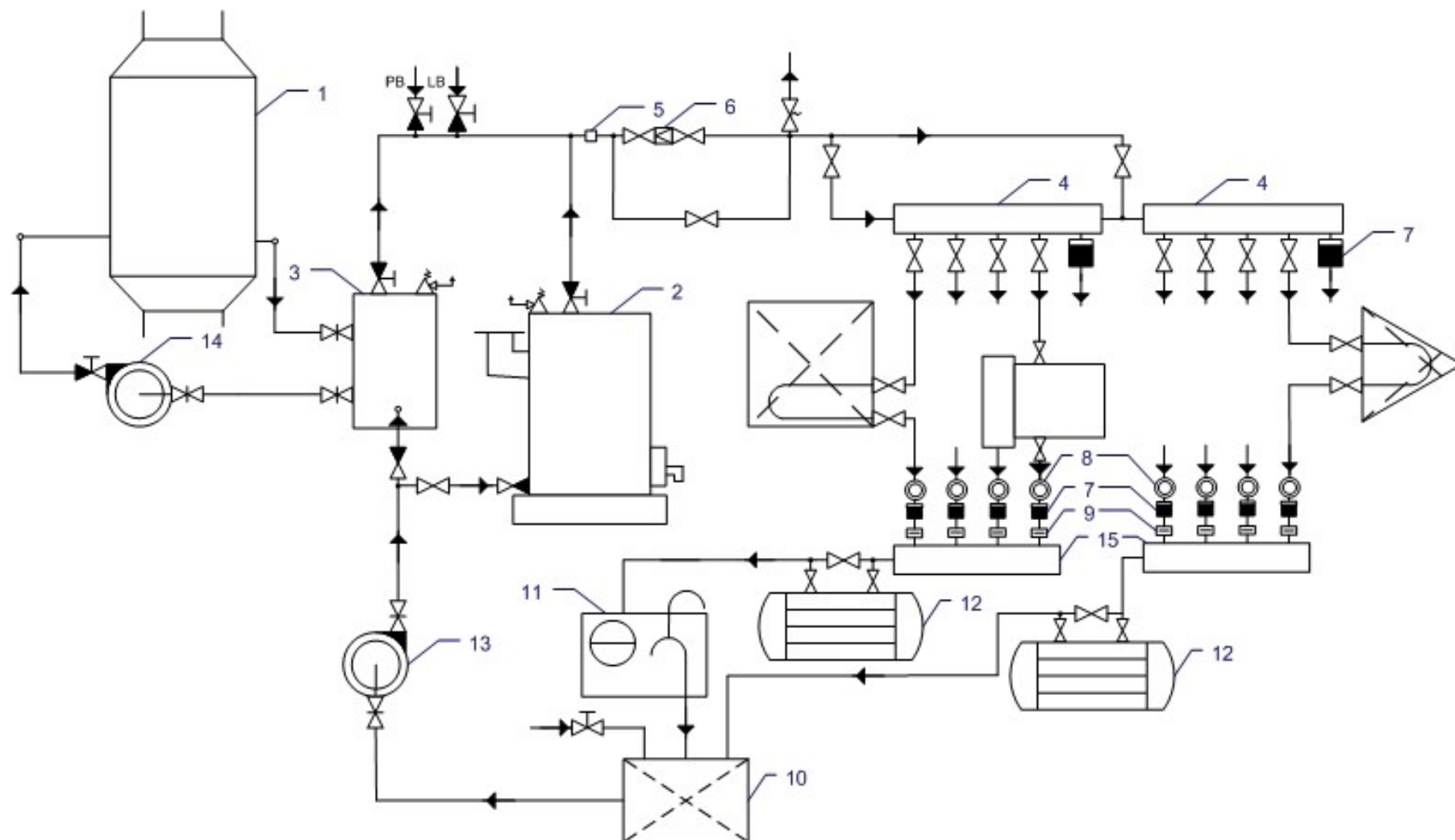
Energia cieplna stosowana jest do:

- podgrzewania paliwa ciężkiego (w zbiornikach zapasowych, osadowych, rozchodowych, podgrzewacz przed wirówkami i przed silnikiem, przewody paliwa ciężkiego),
- podgrzewania oleju smarowego przed wirowaniem,
- podgrzewania wody słodkiej dodawanej w procesie wirowania paliw i olejów smarowych,
- podgrzewania czynników roboczych przed uruchomieniem silników ze stanu „zimnego”,
- celów pomocniczych: przedmuch kingstonów, zdmuchiwacze sadzy
- ewentualnego zasilania wyparowników produkujących wodę słodką,
- ogrzewania pomieszczeń w siłowni i poza siłownią i zasilania instalacji klimatyzacyjnej,
- zaspokojenia potrzeb hotelowych (podgrzewanie wody sanitarnej),
- osuszania lub podgrzewania ładunku itp.

Do celów grzewczych stosowana jest para nasycona o ciśnieniach 0.4÷0.8 MPa. Odpowiadające tym ciśnieniom temperatury nasycenia wynoszą odpowiednio 144 ÷ 170 °C. Wyjątkowo na zbiornikowcach ciśnienia pary grzewczej dochodzą do 1.2 MPa (temperatura nasycenia 188°C). Powodem wyboru wyższych ciśnień są między innymi:

- duże spadki ciśnienia pary w długich rurociągach,
- możliwość zmniejszenia średnic rurociągów doprowadzających parę,
- zmniejszenie powierzchni wymiany ciepła wynikające z większej różnicy temperatury.

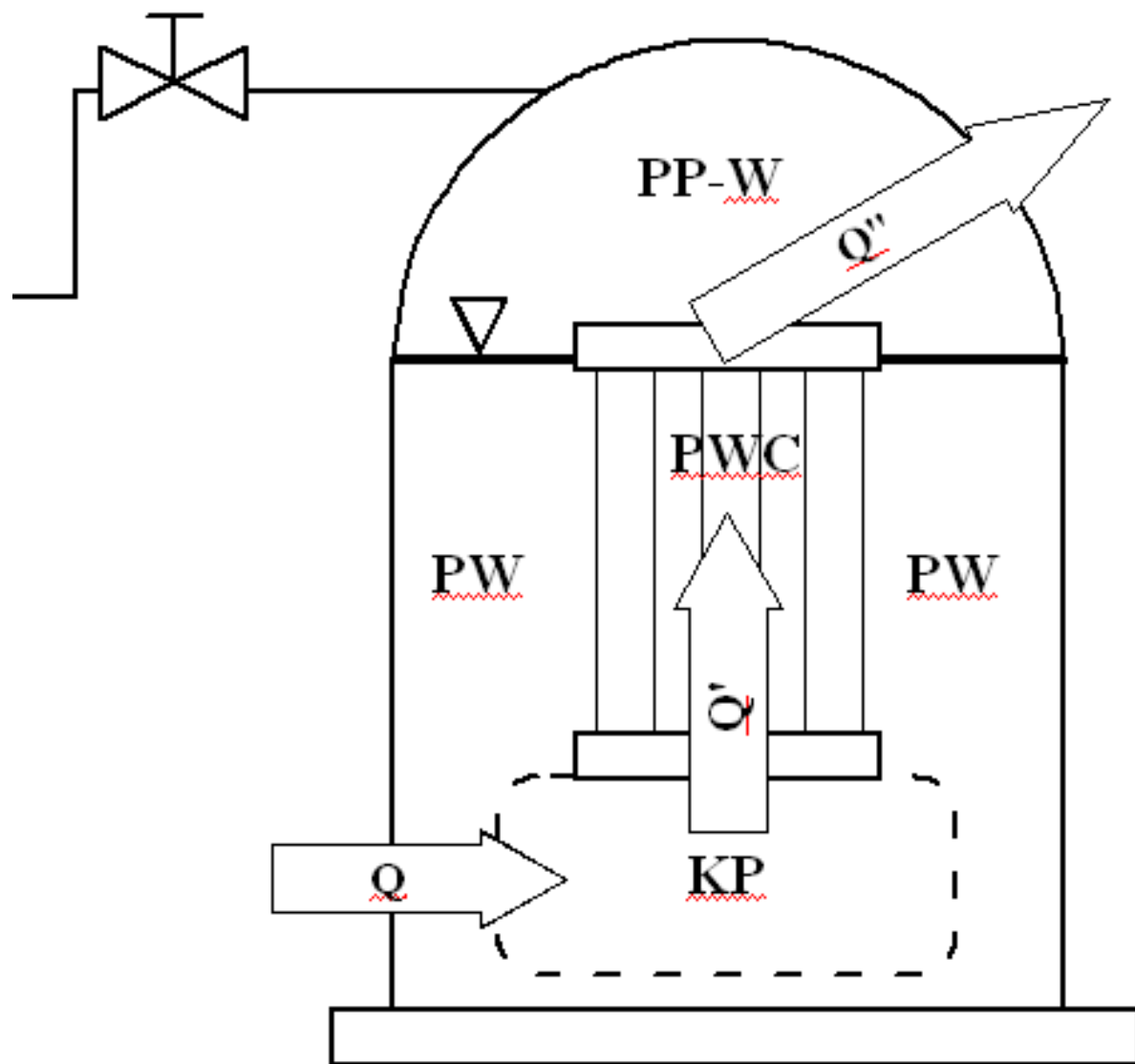
Schemat ideowy instalacji parowej grzewczej.



1-kocioł utylizacyjny; 2-kocioł opalany paliwem płynnym; 3-zbiornik pary i wody kotła utylizacyjnego; 4-kolektor pary dolotowej; 5- odwadniacz; 6- zawór redukcyjny; 7-zawory odwadniające; 8-wapospoko; 9-zawory zwrotne płytkowe; 10-zbiornik skroplin; 11-zbiornik obserwacyjny skroplin; 12-chłodnice skroplin; 13-pompa zasilająca; 14-pompa obiegowa kotła utylizacyjnego; 15-kolektor spalin.

Kotły parowe

Ogólny schemat kotła parowego



Kocioł parowy jest zespołem urządzeń o budowie naczynia zamkniętego, w którym wytwarzana jest para wodna o określonym ciśnieniu i temperaturze, użytkowana na zewnątrz kotła.