

*Jerzy Marek Gutteter-Grudziński\**

## NOWE SPOSOBY OCZYSZCZANIA WÓD ODPADOWYCH ZĘZOWYCH NA STATKACH I PLATFORMACH WYDOBYWCZYCH

---

### 1. Analiza zagadnienia

Zagrożenie spowodowane zanieczyszczeniem środowiska stanowi w latach obecnych jeden z głównych problemów światowych. Bardzo duży niepokój budzi zanieczyszczenie wód mórz i oceanów. Stopień zanieczyszczenia mórz i oceanów wzrasta wraz z liczbą statków pływających po wodach świata, ze zwiększeniem ilości ładunków przewożonych morzem.

W wodach morskich zanieczyszczenia olejowe pochodzą z następujących źródeł [20]:

- naturalnych przecieków ropy z dna morskiego;
- przecieków instalacji występujących przy wydobywaniu ropy naftowej i jej transporcie po dnie morza;
- rozlewów awaryjnych powstałych w trakcie kolizji statków;
- podczas normalnej eksploatacji statków w trakcie usuwania zaolejonej wody z zęz, siłowni i ładowni;
- odpadów ropopochodnych z przemysłowych instalacji lądowych.

Na rysunku 1 przedstawiono źródła zanieczyszczeń Morza Bałtyckiego [21], jak wynika z danych Helcom 92 zlokalizowano 132 miejsca tzw. „hot spots” — gorące punkty (98 w krajach postkomunistycznych) zanieczyszczające Morze Bałtyckie. Zanieczyszczenie to głównie: odpady fabryczne i nawozy sztuczne w 80% pochodzą z Polski.

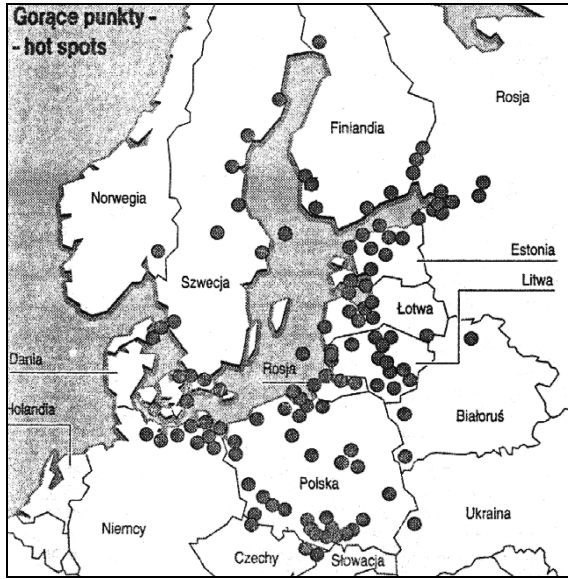
Zanieczyszczenia z ładunku i ze statków, charakteryzują się dużą zawartością substancji ropopochodnych, a ich powstawanie jest zjawiskiem praktycznie nie uniknionym.

Większość zanieczyszczeń dostających się do mórz transportowane są drogą wodną rzekami i w postaci aerozoli z powietrza. Pociesającym jest fakt, że ilość wycieków (1 wyciek > 5000 baryłek, 1 baryłka = 156 litrów [29]) powstających na statkach i platformach wiert-

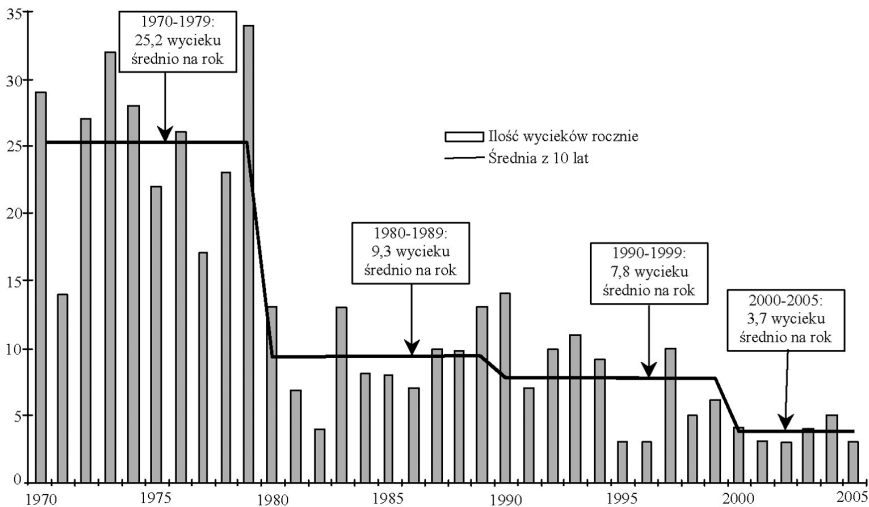
---

\* Wydział Mechaniczny, Akademia Morska w Szczecinie

niczych systematycznie spada, co przedstawiono na rysunku 2 (Zielona księga [20], dane: ITOPF Ltd. — Międzynarodowa Federacja Właścicieli Tankowców). Na uwagę zasługuje ponad 50-procentowy spadek wycieku do poziomu 3,7 wycieku/rok przy jednoczesnym wzroście przewozu ropy.



Rys. 1. Źródła zanieczyszczeń Morza Bałtyckiego [20, 21]



Rys. 2. Liczba wycieków ropy naftowej ze statków (1 wyciek > 5000 baryłek, 1 baryłka = 156 litrów) [20]

Liczba wycieków ropy naftowej spada, mimo że wielkość przewozów znacznie wzrosła — z niespełna 20 000 miliardów tonomil w 1994 roku do 27 500 miliardów tonomil w 2004 roku, z czego 45% ładunku stanowi ropa naftowa.

Istotnym czynnikiem zmniejszającym ten trend jest działanie konwencji Marpol 73/78, która w bardzo rygorystyczny sposób wymusza na Armatorach budowę coraz lepszych i bezpieczniejszych statków i ich odpowiednią eksploatację przez lepiej wyszkolone załogi — nowe wymogi konwencji SCTW (Międzynarodowej konwencji o wymaganiach w zakresie wyszkolenia marynarzy, wydawaniu im świadectw oraz pełnienia wacht, Art. VI 1978).

Nowe przepisy [31, 37], obowiązujące od 2005 r. wymagają wyposażenia statków i platform wydobywczych w coraz sprawniejsze instalacje zabezpieczające przed niekontrolowanym wyciekami wody zanieczyszczonej olejem, którego stężenie nie powinno przekroczyć poziomu 15 ppm i 40 ppm w sytuacjach awaryjnych na platformach (patrz, zał. VI Przepis 5/c) [31].

Wymagania konwencji Marpol 73/78 [37] jednoznacznie określają normy i metodykę badań urządzeń ochrony środowiska morskiego instalowanych na statkach tj.: odolejaczy, oczyszczalni ścieków i spalarek. Podane są wytyczne poprawnej konstrukcji, przeglądów i eksploatacji w zakresie dopuszczalnych norm zrzutu zanieczyszczeń. Mając na uwadze rozwój żeglugi i górnictwa morskiego stwierdza się, że zagrożenie zanieczyszczeń środowiska morskiego olejami ciągle istnieje i jest praktycznie zjawiskiem nie uniknionym (np. erupcja na platformie BP) [1, 2]. Wymaga to stosowania nowych wysokosprawnych odolejaczy mogących sprostać postawionym wymaganiom.

Jedyną liczącą się konstrukcją krajową, mającą uznanie IMO MEPC Res 60/(33) i 107 (49), jest odolejacz systemu Neptun produkowany przez Pomorskie Zakłady Przemysłu Okrętowego „WARMA” w Grudziądzu [35]. Odolejacz te o wydajności: 0,25; 0,5; 1; 2,5; 5; 10 m<sup>3</sup>/h produkowane są od 1985 r., do chwili obecnej wyprodukowano ponad 500 szt. Neptunów, do dzisiaj produkowanych i montowanych na polskich statkach budowanych w stoczniach chińskich i koreańskich. W ostatnich latach w Akademii Morskiej w Szczecinie wykonano szereg badań sprawnościowych odolejaczy wyposażonych w nowe elementy poprawiające skuteczność separacji [34, 32]. Wyniki badań nad podniesieniem sprawności odolejania innych Ośrodków i Uczelni w Polsce zamieszczono w [4, 7, 8, 23, 25–27, 30, 38, 39, 42, 43].

## **2. Źródła zanieczyszczeń mórz pochodzące ze statków i platform**

Statek morski, będąc wysoce skomplikowanym urządzeniem, zaprojektowanym i wykonanym przez człowieka, pozostaje ciągle urządzeniem niedoskonałym i zawodnym, stanowiącym istotne źródło zanieczyszczeń środowiska morskiego i atmosfery. Ze względu na ciągły wzrost morskiej floty handlowej, spowodowany wzrostem przewozów morskich, ilości zanieczyszczeń trafiających do środowiska naturalnego ze statków rosną, a ich udział w zanieczyszczeniu ekosystemu jest niebagatelny.

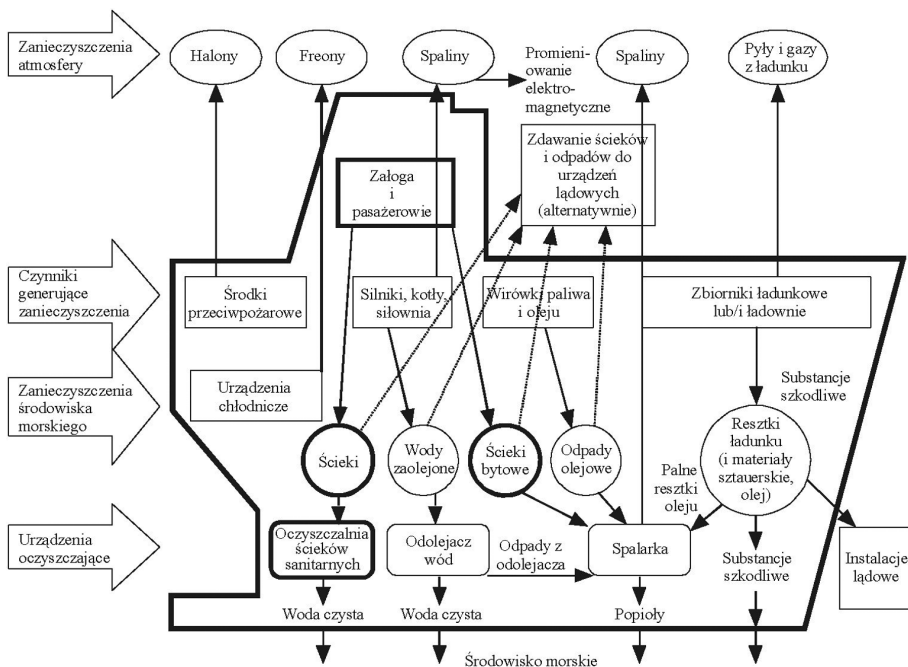
Traktując statek i platformę, jako źródło zanieczyszczeń, można wyróżnić zanieczyszczenia pochodzące z:

- pomieszczeń ładowni i zbiorników ładunkowych,
- siłowni głównej i urządzeń wiertniczych,
- zbiorników paliwa i balastu,
- pomieszczeń socjalnych, bytowo-gospodarczych.

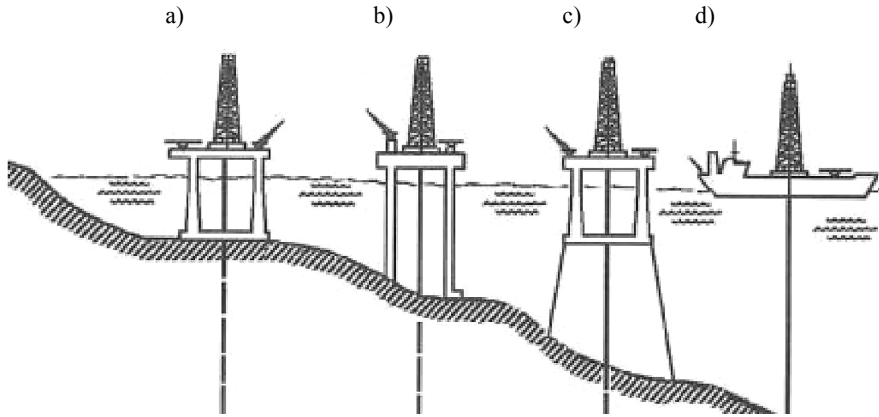
W pomieszczeniach tych powstają różnego rodzaju zanieczyszczenia, które można podzielić ze względu na miejsce ich powstania i konsystencję na:

- olej i mieszaniny oleiste — wody zęzowe
- chemikalia,
- ścieki,
- śmieci,
- gazy, pary, pyły,
- wody balastowe i technologiczne.

Ogólną koncepcję powstawania i redukcji zanieczyszczeń na statku przedstawiono na rysunku 3. Podobny sposób obróbki zanieczyszczonych mediów jest na platformie. Na rysunku 4 przedstawiono typy platform wiertniczych.



**Rys. 3.** Ogólna koncepcja powstawania i redukcji zanieczyszczeń na statku [24, 28]



**Rys. 4.** Typy platform wiertniczych [41]:  
 a) stacjonarne zanurzeniowe; b) samo podnośne (*Jack-up*);  
 c) pół zanurzeniowe (*semisubmersible rigs*); d) statki wiertnicze (*drillship*)

### 3. Badania nad rozwiązaniem problemu odolejania wykonane w AM w Szczecinie [20]

Wynikające z konwencji Marpol 73/78 wyższe wymagania sprawnościowe w stosunku do urządzeń odolejających wytworzyły sytuację nowych poszukiwań w kierunku nowych technologii oczyszczania wód zaolejonych zęzowych na statkach i platformach wydobywczyc. Na średniej wielkości statku 10 000 DWT o mocy 6000 KM, ilość wód zaolejonych powstająca w czasie normalnej eksploatacji sięga 0,5 do 2 m<sup>3</sup>/24 h. Natomiast w trakcie eksploatacji platformy, aby wykluczyć możliwość zanieczyszczenia środowiska morskiego, stosowana jest w miarę możliwości woda morską jako płuczka wiertnicza. W trakcie prac wiertniczych oraz po ich zakończeniu pobierane są próby wody, osadów dennych oraz mediów złożowych do analiz kontrolnych. Regularnie kontrolowane są instalacje oczyszczalni pokładowych platform wiertniczych, a odpady, których utylizacji nie można dokonać w warunkach morskich, są odbierane i przewożone na ląd przez wyspecjalizowane holowniki pomocnicze (dane Petrobaltic) [41].

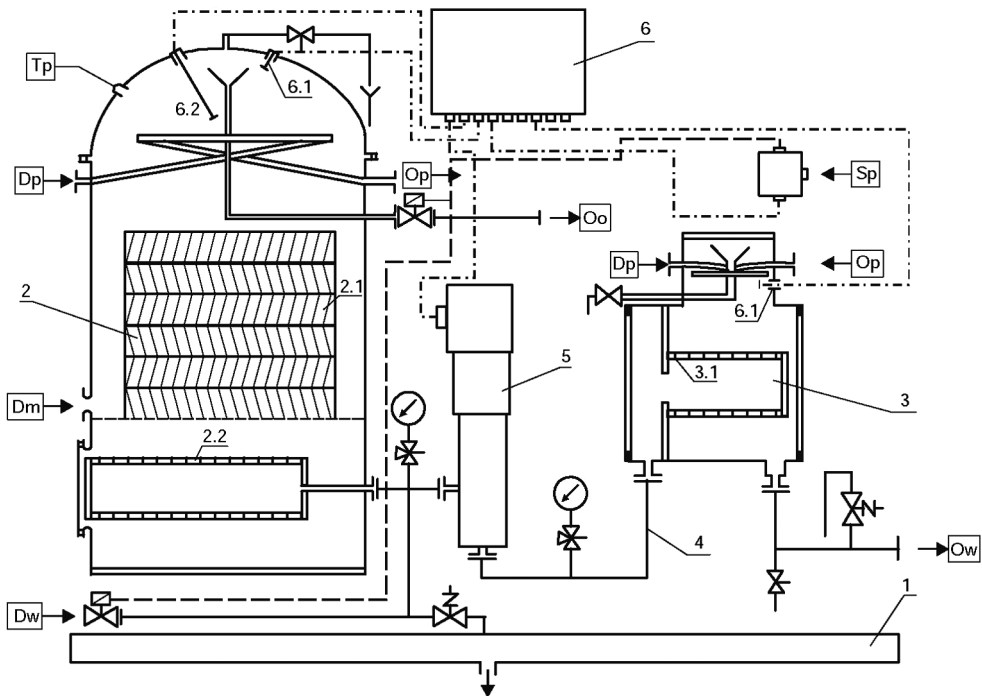
Głównym celem badań było opracowanie skutecznej technologii odolejania wód zęzowych na statkach morskich, śródlądowych, platformach oraz w portach na lądzie.

W związku z tym ramach prac własnych i zleconych opracowano nową technologię oczyszczania, wykonując następujące działania:

- 1) Wyznaczenie nowych technologii procesu odolejania w odolejaczu grawitacyjnym, wyposażonym w pakiety płytek usytuowanych pionowo oraz filtr welurowy.
- 2) Wyznaczenie nowych rozwiązań konstrukcji filtrów koalescencyjnych z przegrodą ceramiczną i włóknistą z polipropylenu i innych włókien syntetycznych krajowych.

- 3) Określenie skuteczności separacji węglowodorów w modułach UF na stanowisku według zaleceń konwencji Marpol (Rez. MEPC 107/49 IMO).
- 4) Wyznaczenie wpływu parametrów konstrukcyjnych w hydrocyklonie na skuteczność rozdziału węglowodorów (zagęszczenia oleju) w hydrocyklonie odolejającym nowego typu.
- 5) Określenie oddziaływania SPC (środków powierzchniowo czynnych) na proces separacji węglowodorów w odolejaczach.
- 6) Określenie rozkładów wielkości cząstek oleju przed i za filtrem w odolejaczach analizatorem Malvern Instrument wykorzystującym metodę dyfrakcji laserowej.

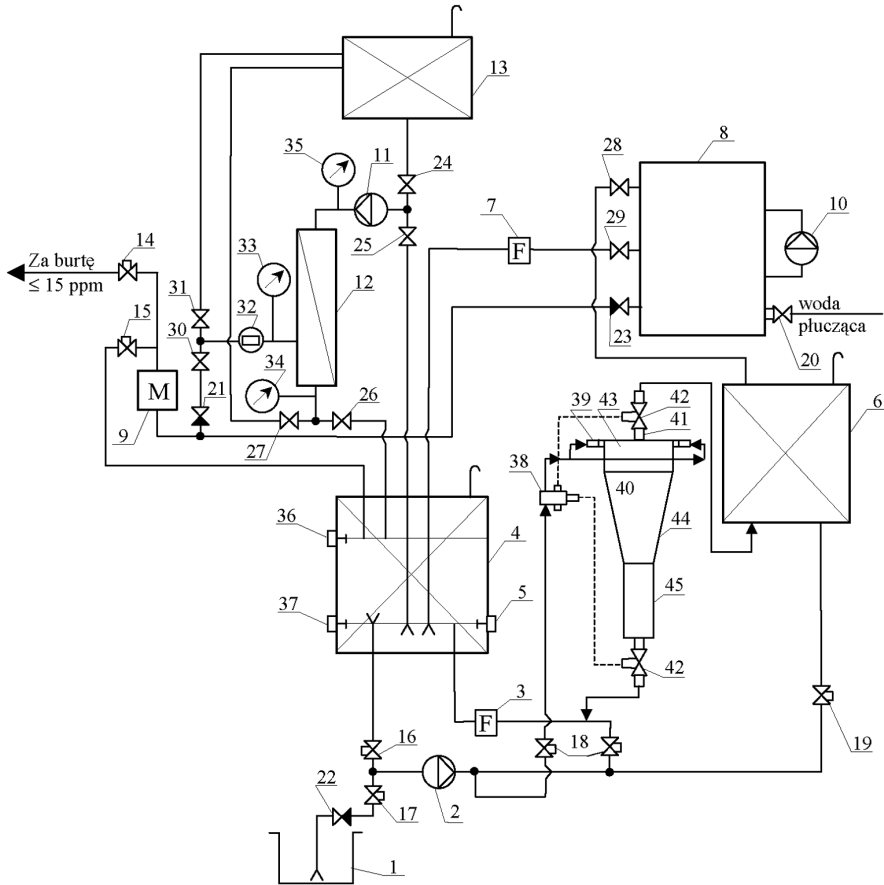
Wynikiem wykonanych prac badawczych jest opracowanie koncepcji nowego typu odolejacza NEPTUN przedstawionego na rysunku 5.



**Rys. 5.** Schemat budowy odolejacza NEPTUN PL [33–35]:

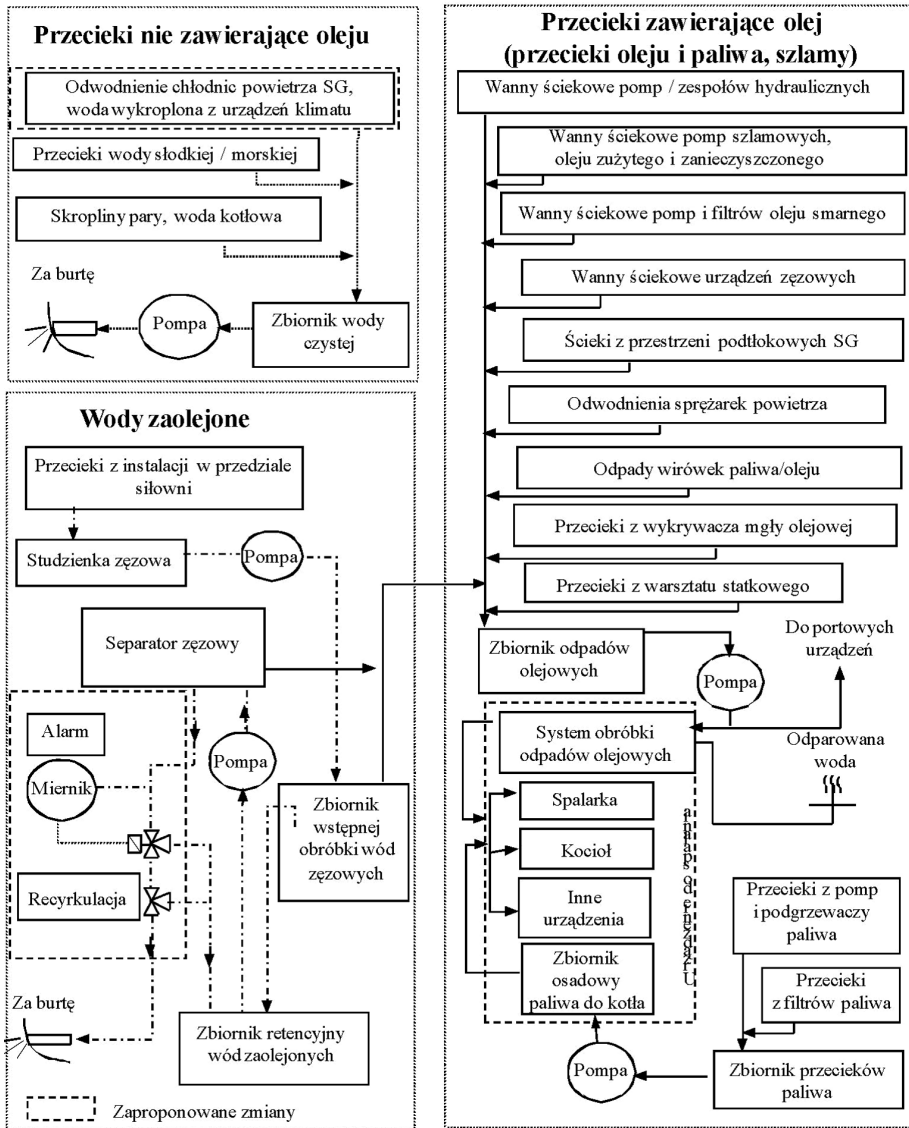
- 1 — Podstawa; 2 — Separator grawitacyjny S 2.5 Al; 2.1 — zespół płyt falistych; 2.2 — wkład filtrujący; 3 — separator koalescencyjny KS 2.5 Al; 3.1 — wkład koalescencyjny (Pat. RP. 140038); 4 — instalacja rur R 2.5 Al; 5 — agregat pompowy AP 2.5 Al; 6 — rozdzielnica elektryczno-sterownicza; 6.1 — sonda minimalna; 6.2 — sonda maksymalna poziomu oleju; Dw — dół wody płuczającej; Dm — dół zaolejonej mieszaniny; Tp — termostat regulacyjny; Dp — dół pary; Op — odłot pary; Sp — sprężone powietrze; Oo — odłot oleju; Ow — odłot wody czystej

Natomiast na rysunku 6 przedstawiono nowe ekologiczne rozwiązanie uwzględniające problem oczyszczania odpadowych wód zaolejonych nie tylko na statkach z zastosowaniem: hydrocyklonu odolejającego, odolejacza grawitacyjno-koalescencyjnego systemu Neptun i modułu UF z wkładem ceramicznym, według [32]. Uzyskany poziom zaolejenia na wyjściu za UF uzyskano na poziomie 2–7 ppm zawartości oleju [3, 5, 6, 9–19].



**Rys. 6.** Schemat instalacji automatycznego oczyszczania wód zęzowych z zastosowaniem odolejacza Neptun i hydrocyklonu i modułu UF:

- 1 — studzienka zęzowa, 2 — wolnoobrotowa pompa śrubowa, 3 — filtr zgrubny siatkowy,
- 4 — zbiornik retencyjny, 5 — sonda (detektor oleju), 6 — zbiornik odseparowanego oleju,
- 7 — filtr, 8 — odolejacz z zabudowaną pompą, 9 — miernik zaolejenia, 10 — pompa odolejacza,
- 11 — pompa zasilająca i płuczająca moduł, 12 — moduł membranowy, 13 — zbiornik z wodą do płukania modułu, 14–19 — zawory zdalnie sterowane, 20, 24–31 — zawory przelotowe,
- 21–23 — zawory zwrotne, 32 — przepływomierz, 33–35 — manometry, 36, 37 — czujniki poziomu,
- 38 — miernik poziomy zaolejenia wody, 39 — króciec wejściowy, 40 — hydrocyklon,
- 41 — króciec wylotowy oleju, 42 — zawór dławiący, 43 — cylindryczna głowica dolotowa,
- 44 — stożkowy korpus, 45 — cylindryczny korpus



Rys. 7. Schemat przykładowego rozwiązania instalacji zęz przedziału maszynowego wszystkich statków [40]

Mając na uwadze stosowanie najlepszej praktyki ekologicznej i najlepszej dostępnej technologii w zakresie ochrony środowiska morskiego (zalecenia HELCOMU), zapewnienie bezpiecznych w eksploatacji statków i platform wydobywczych niezanieczyszczających środowiska wyposażonych w trzystopniowy układ oczyszczający przedstawiony na rysunku 6, staje się niezbędną koniecznością.



## 4. Podsumowanie

Przyjmując za nadrzędny cel bezpieczniejszą eksploatację ograniczającą zanieczyszczenie środowiska na statkach, proponuje się wprowadzenie istotnych zmian w systemach zęzowych praktycznie wszystkich siłowniach statków pokazanych na rysunku 7, należy [40]:

- wyodrębnić niezaolejone wody z chłodnic powietrza usuwając je bezpośrednio za burte;
- zainstalować dodatkowy zawór w instalacji usuwania oczyszczonych ścieków z odolejacza, mającego za zadanie zawrócenie ścieków niespełniających normy zaolejenia (15 ppm);
- zainstalować nowy, bardziej sprawny system lub urządzenie obróbki odpadów zaolejonych (np. homogenizacja).

Wykonanie i opracowanie instalacji według rysunków 6 i 7 pozwoli rozwiązać problem odolejania i spełnić wymagania konwencji Marpol i Solas w zakresie bezpieczeństwa i ochrony środowiska. W chwili obecnej system jest wdrażany do zastosowania na lądzie.

### LITERATURA

- [1] *Graczyk T., Piskorski Ł.*: Ochrona środowiska morskiego przed zanieczyszczeniami ropopochodnymi. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1996.
- [2] *Graczyk T., Piskorski Ł., Siemianowski R.*: Ochrona środowiska morskiego przed zanieczyszczeniami z obiektów oceanotechnicznych. Politechnika Szczecińska, Szczecin 2001.
- [3] *Grudziński J.M.*: Badanie odolejacza typu NEPTUN w skali modelowej członu grawitacyjnego. ITESO WSM. Praca zbiorowa, tekst niepublikowany. Zlecenie PZUO WARMA Grudziądz, 1985.
- [4] *Grudziński J.M.*: Badanie wpływu chemicznych środków myjących stosowanych na statkach na skuteczność odolejania. Studia 21, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie, Szczecin 1994.
- [5] *Grudziński J.M.*: Badanie wpływu stożka na separację cząstek oleju w hydrocyklonie. Politechnika Wrocławska, Energetyka 2002, 233–242.
- [6] *Grudziński J.M.*: Ekologiczny aspekt zanieczyszczeń olejowych w środowisku morza. XII Sympozjum Paliw Płynnych, 1997.
- [7] *Grudziński J.M.*: Filtry koalescencyjne z przegrodą włókninową do odolejania wód zęzowych i balastowych na statkach. Studia nr 13, WSM, Szczecin 1989.
- [8] *Grudziński J.M.*: Filtry koalescencyjne z przegrodą włókninową do odolejania wód zęzowych i balastowych na statkach. Politechnika Wrocławska, Rozprawa doktorska, 1986.
- [9] *Grudziński J.M.*: Praktyczna ocena stosowania detergentów SPC w siłowniach okrętowych według wymagań konwencji Marpol 73/78. Zeszyty Naukowe, Politechnika Szczecińska, Szczecin 2001.
- [10] *Grudziński J.M.*: Research effectiveness of separation process of oil-water emulsion in hydrocyclone. Polish Maritime Research 2/2003.
- [11] *Grudziński J.M.*: Symulacja komputerowa przebiegu procesu odolejania w odolejaczach systemu Neptun Warmy Grudziądz. Zeszyty Naukowe nr 68, WSM, Szczecin 2003.
- [12] *Grudziński J.M.*: Wpływ parametrów konstrukcyjnych na skuteczność separacji w hydrocyklonie ciecz-ciecz. Zeszyty Naukowe nr 66, WSM, Szczecin 2002.
- [13] *Grudziński J.M.*: Wymagania konwencji Marpol 73/78 dla okrętowych urządzeń odolejających — teoria i praktyka. Sympozjum „Bezpieczeństwo i ochrona naturalnego środowiska morskiego”, Kołobrzeg NOT, WSM Szczecin 2001, 11.
- [14] *Grzech J., Gutowski B.*: Badanie sprawności odolejania mieszanin wodno-olejowych w hydrocyklonach. Praca magisterska, Wyższa Szkoła Morska, Szczecin 2000.
- [15] *Gurgul H.*: Zawiesiny i emulsje substancji ropopochodnych w wodach morskich. Uniwersytet Szczeciński, Materiały, Konferencje, 36, 1998.

- [16] *Gurgul H., Król T., Pogorzelski S. i in.*: Materiały „Physicochemical problems of natural waters ecology”, Szczecin – Międzyzdroje, 20–22 maj 2010, <http://zfmis.fiz.uni.szczecin.pl>
- [17] *Gutteter-Grudziński J., Moraczewski A.*: Coalescence of ship oil bilge water with an nonwoven fabric. *Desalination and Water Treatment* s. 277-284, (27 March 2011).
- [18] *Gutteter-Grudziński J.M., Andraszewicz D.*: Zastosowanie membran ceramicznych do odolejania wód zęzowych na statkach. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna *Explo-Ship 2006*, Akademia Morska w Szczecinie, 141–150.
- [19] *Gutteter-Grudziński J.M., Wiewióra A.*: Nowe rozwiązania odolejaczy spełniających wymagania zawarte w Rezolucji IMO MEPC 107(49) konwencji Marpol 73/78. *SymSO 2006*.
- [20] *Gutteter-Grudziński J.M.*: Studium efektywności odolejania okrętowych wód zęzowych z wykorzystaniem sekcji hydrocyklonów i koalescencyjnych przegród porowatych, monografia AM w Szczecinie 2011.
- [21] <http://wiadomości.Onet.pl/swiat> z 16.05.2011 r. TV: Polska zatruwa Morze Bałtyckie obornikiem.
- [22] *Hupka J.*: Odpady kordowe, jako wypełnienie koalescencyjne odolejaczy ścieków przemysłowych. Praca doktorska, Politechnika Gdańska, 1977.
- [23] *Hupka J.*: Podstawy wykorzystania koalescencji w złożu w technologii odolejania wód odpadowych. Rozprawa habilitacyjna, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1988.
- [24] *Kaniewski E., Łączynski H.*: Ochrona środowiska morskiego. Zagadnienia techniczne i prawne, Akademia Morska, Gdynia 2002, 26.
- [25] *Kaniewski E., Otręba Z.*: Zjawiska towarzyszące obecności ropopochodnych w wodzie morskiej. *Biuletyn nr 2. IMMiT*, Gdynia 1996.
- [26] *Klevins H.B.*: Solubilization of polycyclic Hydrocarbons. *J. Phys. Chem.* 54, 1990, 832.
- [27] *Koltuniewicz A.*: Usuwanie emulsji ropopochodnych z wody na membranach ceramicznych. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1997.
- [28] *Korzeniowski K.*: Ochrona środowiska morskiego. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1998.
- [29] *Lewandowski P.*: Prawna ochrona wód morskich i śródlądowych przed zanieczyszczeniami. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1996.
- [30] *Listewnik J.*: Badanie odolejania wód statkowych przy wykorzystaniu niekonwencjonalnych hydrocyklonów. Politechnika Szczecińska, Wydział Mechaniczny, praca doktorska, Szczecin 1991.
- [31] Nowa Konwencja Helsińska, HELCOM Dz. U. nr 28 poz. 346, z dnia 14.04.2000.
- [32] Patent RP P 390617, 2010; Hydrocyklon oraz urządzenie do odolejania mieszanin wodno-olejowych (AM Szczecin, Gutteter-Grudziński J M, Listewnik J).
- [33] Patent PL 140038, 1987. Wkład koalescencyjny do rozdzielania mieszanin wodno-olejowych (Warma, COBRTWW, WSM Szczecin, Piotrowski A. Moraczewski A., Grudziński J., Hulanicki S.)
- [34] Patent PL 140155 nt. Urządzenie do rozdzielania mieszanin wodno-olejowych, 1987 (Warma, WSM Szczecin, Piotrowski A., Grudziński J. Hulanicki S., Krzysztozek J., Wiewióra A.,).
- [35] Patent PL 140417. Urządzenie do odolejania mieszanin wodno-olejowych. Wyższa Szkoła Morska, Szczecin, Pomorskie Zakłady Urządzeń Okrętowych „Warma” Grudziądź, PL (Piotrowski A., Zalewski J., Racuszka Z., Hulanicki S., Grudziński J., Dyjas R.).
- [36] Patent PL 96222, 1978.
- [37] Rezolucja IMO MEPC 107(49).
- [38] *Wiewióra A.*: Badanie modelowe procesu odolejania w odolejaczach typu grawitacyjnego. Praca doktorska, Politechnika Wrocławska, 1980.
- [39] *Wiewióra A.*: Charakterystyki mieszaniny wodno-olejowej powstającej na statkach. Sympozjum WSM, Świnoujście 1996.
- [40] *Wiewióra A., Gutteter-Grudziński J.M.*: Problemy technicznej eksploatacji statku na obszarach specjalnych. *SymSO 2006*.
- [41] *Wiewióra A., Wesolek Z., Puchalski J.*: Ropa naftowa w transporcie morskim. *Trade mar*, Gdynia 1999.
- [42] *Wilhelm U.*: Współczynnik podziału oleju w wodzie i osadach dennych z portu szczecińskiego. Rozprawa doktorska, Wydział Chemii US, Szczecin 1990.
- [43] *Sikora S.*: Potencjalne zwalczanie rozlewów olejowych..., V Krak. Kon. M. U. Kraków 2010.