

**Jerzy Bolałek**  
**Barbara Radke**

Instytut Oceanografii  
Uniwersytet Gdański  
ocejb@ug.edu.pl  
bradke@ocean.univ.gda.pl

**PROBLEMATYKA ZANIECZYSZCZEŃ PORTÓW  
ZLOKALIZOWANYCH W REJONIE PRZYUJŚCIOWYM  
NA PRZYKŁADZIE PORTU GDAŃSKIEGO I KŁAJPEDZKIEGO**

**Aspects of pollution in the harbours located near the river mouth  
using the example of the Gdańsk and Klaipeda harbours**

**Abstract:** The paper discusses the key issues associated with the location of harbours near the river mouths and the pollution of harbour sediments with heavy metals (e.g. zinc, copper, nickel and lead) and organic derivatives of tin, using the examples of the Gdańsk and Klaipeda harbours. The authors have described the key location factors of the two harbours which largely determine sedimentation processes. It has been shown that the heavy metals content in the sediments of the two harbours does not exceed the concentration values permitted by Polish or Lithuanian law.

**Słowa kluczowe:** osady portowe, metale śladowe, pochodne cynoorganiczne, port gdański, port kłajpedzki

**Key words:** harbour sediments, trace metals, organic derivatives of tin, the Gdańsk harbour, the Klaipeda harbour

## **1. WSTĘP**

Większość portów ze względu na korzystne warunki naturalne usytuowana jest w okolicach ujścia rzek. Takie rozmieszczenie gwarantuje człowiekowi z jednej strony łatwy dostęp do morza, a z drugiej sprzyja bezpiecznej nawigacji statków z morza w kierunku głębszych partii lądu. Im dłuższy jest system wodny danej rzeki, tym transport i przemieszczanie się statków w głąb lądu przebiega sprawniej. Ta ostatnia cecha jest szczególnie wykorzystywana w morskim przemyśle dostawczym, jak również i w turystyce oraz rekreacji jachtowej.

Jednak istnieje drugi aspekt tej sprawy. W zależności m.in. od ukształtowania ujścia i dynamiki wody w rzece, ilość osadu zalegająca na jego dnie może zmieniać się w istotny sposób. W przypadku kiedy dochodzi do wzrostu masy osadów, następuje zamulanie koryta rzecznoego. W rezultacie prowadzi to do zagrożenia bezpiecznej nawigacji w porcie. Kolejnym czynnikiem odpowiedzialnym za przemieszczanie się osadów w akwenach portowych są wezbrania rzeczne i sztormowe, prędkości prądów przydennych powodowane przez przepływające statki, jak również panujący w danym rejonie reżim hydrodynamiczny.

Celem pracy jest przedstawienie i omówienie podstawowych problemów związanych z lokalizacją portów w rejonach ujścia rzek oraz zanieczyszczeniem metalami ciężkimi i pochodnymi cynoorganicznymi urobku czerpalnego wydobywanego w trakcie prac pogłębiarskich, mających na celu usprawnienie żeglugi bądź rozwój infrastruktury portowej.

## 2. CHARAKTERYSTYKA PORTÓW PRZYUJŚCIOWYCH

Port Gdański S.A. o obszarze 660 ha (Eko-Konsult, 1998) jest jednym z największych portów leżących nad Morzem Bałtyckim i największym morskim portem w Polsce. Port gdański składa się z dwóch dużych obszarów:

- portu wewnętrznego – położonego w ujściowym odcinku Martwej Wisły,
- portu zewnętrznego – zlokalizowanego bezpośrednio w strefie brzegowej Zatoki Gdańskiej.

Pierwszy z nich zlokalizowany jest po obu stronach kanału portowego, przez który przepływa Martwa Wisła (długość: 27 km, powierzchnia dorzecza 1,7 tys. km<sup>2</sup>, głębokość 10–12 m, średnie roczne zasolenie wód powierzchniowych wynosi 5 PSU; dopływ lewy – Motława) (Majewski, 1977). W tej części portu znajdują się nabrzeża przeładunkowe m.in. siarki, fosforytów, owoców cytrusowych oraz terminal promów pasażerskich (tab. 1). Czynnikiem determinującym cyrkulację wód są wiatry wiejące z kierunku NNW z prędkością 10 m s<sup>-1</sup>. Prędkości prądów rzecznych są raczej małe i wynoszą średnio 0,02 m·s<sup>-1</sup>, ponadto nie wykazują one cech prądów rzecznych (Majewski, 1994). Tempo sedymentacji wynosi około 7 cm rok<sup>-1</sup> (Szwernowski, 1957).

Drugi zwany Portem Północnym (głębokość rzędu 10–15 m) nad Zatoką Gdańską i znajduje się około 2,5 km od linii starego wybrzeża. W porcie tym dokonuje się przeładunków m.in. ropy naftowej, olei opałowych i napędowych, węgla i skroplonego gazu (LPG).

**Tab. 1.** Nabrzeża portu wewnętrznego (w kolejności od strony ujścia Wisły) (Eko-Konsult, 1998)

**Tab. 1.** Quays of the inner harbour (consecutive, from the mouth of the Vistula) (Eko-Konsult, 1998)

Nabrzeża	Długość [m]	Przeznaczenie	Wyposażenie	Dopuszczalne zanurzenie statków [m]
WOC – 1	610	Drobnica	Magazyny, place składowe, żurawie nabrzeżowe, hakowe o udźwigu 3,6 i 16 t	8,4
WOC – 2	320	Drobnica	Żurawie nabrzeżowe, hakowe o udźwigu 3 i 6 t	8,1
Ziółkowskiego	200	Drobnica	Terminal promowy	6,5
Oliwskie	600	Składowanie drobnicy	Magazyny, place składowe, żurawie nabrzeżowe, hakowe o udźwigu 3,6 i 16 t	9,5
Obrońców Westerplatte	925	Składowanie drobnicy, papieru, drewna, terminal ro – ro	Magazyny, place, żurawie samojedne	8,0
Obrońców Poczty Polskiej (Siarkowe)	210	Przeładunek siarki płynnej i granulowanej, melasy, paliw płynnych	Place, specjalistyczne urządzenia przeładunkowe	10,2
Węglowe	735	Składowanie węgla, zboża, masówki, paliw płynnych	Żurawie nabrzeżowe, chwytakowe o udźwigu 10 t	7,0
Rudowe	605	Składowanie rudy, węgla, zboża, drewna, paliw płynnych, drobnicy	Place, żurawie nabrzeżowe, chwytakowe o udźwigu 8, 10, 16, 25 t	10,2
Wiślane	925	Zboże, drobnica	Elewator, magazyny, place, żurawie nabrzeżowe, hakowe o udźwigu 6 i 16 t	9,0

Szczecińskie	180	Drobnica, kontenery	Place, żurawie nabrzeżowe o udźwigu 40 t, suwnica kontenerowa o udźwigu 40 t	9,9
Chemików	210	Przeładunek nawozów fosforonośnych, melasy, kwasów, ługu sodowego	Magazyny, place, żurawie nabrzeżowe, chwytakowe o udźwigu 8 t i żurawie bramowe o udźwigu 20 t	10,2
Przemysłowe	600	Nawozy mineralne, sól, soda	Magazyny, place, specjalistyczne urządzenia przeładunkowe	6,2
Bytomskie	10	Składowanie melasy, paliw płynnych	Sprzęt specjalistyczny	5,0

Morski Port Kłajpeda zlokalizowany jest we wschodniej części wybrzeża Morza Bałtyckiego. Jest to najważniejszy i jednocześnie największy port Litwy zlokalizowany w jej zachodniej części nad Zalewem Kurońskim. Obszar wodny obejmuje powierzchnię 6,23 km<sup>2</sup>. Długość całego portu począwszy od północnej granicy aż po wyspę Kiaules wynosi 12 km, podczas gdy jego szerokość pomiędzy Mierzeją Kurońską i wybrzeżem lądu szacuje się na około 1,5 km (Pustelnikovas i in., 2005). Wody Cieśniny Kłajpedzkiej są wzbogacane przez rzeki Smeltė i Dane. Głębokość kanału portowego wynosi od 13–14,5 m. Prędkości prądów w kanale wynoszą od 0,2 do 0,25 m·s<sup>-1</sup>.

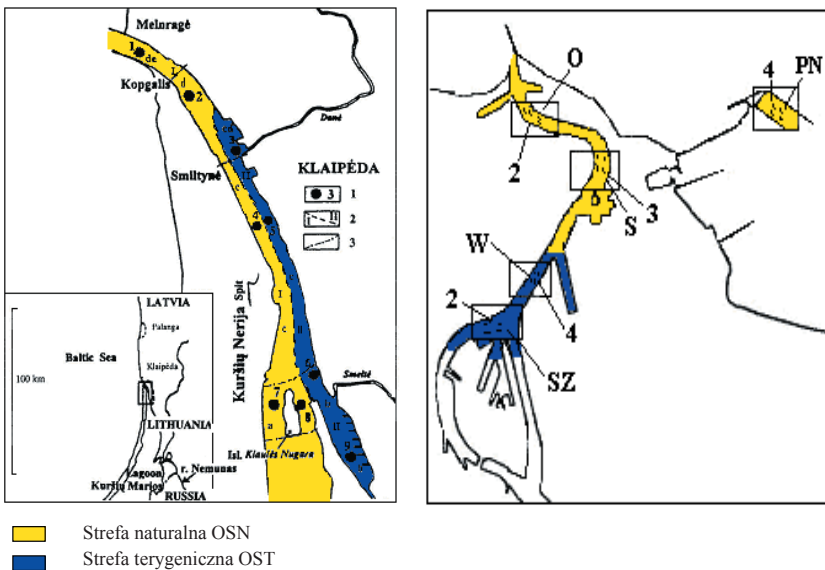
### 3. SEDYMENTACJA

Sedymentacja w obrębie obydwu portów jest uwarunkowana m.in. stopniem uziarnienia osadów, zmianą form migracyjnych materiału osadowego, wpływem prądów przydennych generowanych przez przepływające statki, jak również okresowym nanoszeniem w rejon portów mas wodnych pochodzących z morza i z dopływów rzecznych.

Najistotniejszym czynnikiem generującym sedymentację i transport masy wody w przypadku Portu Kłajpeda są wezbrania sztormowe i rzeczne. Podnoszą one poziom wody o około 60 cm i trwają do 74 dni (Pustelnikovas i in., 2008). W ten sposób stymulują one tranzyt materiału osadowego w Cieśninie Kłajpedzkiej, co w efekcie końcowym prowadzi do swobodnego rozmieszczenia

frakcji osadów w zbiorniku (tab. 2) w taki sposób, że w zachodniej części cieśniny dominuje udział frakcji gruboziarnistej, a we wschodniej – frakcji drobnych (mułów i ilów). W obrębie samego ujścia cieśniny dochodzi do nagromadzenia materiału osadowego w postaci piasku drobnego z niewielkim udziałem piasku średnioziarnistego.

Również w przypadku portu gdańskiego jednym z głównych czynników kształtujących warunki hydrologiczne i poniekąd sedymentacyjne w zbiorniku są: od strony morza – wezbrania sztormowe, cofka oraz falowanie, a od strony dolnego ciek (Nabrzeża Szczecińskiego, ryc. 1.) – wiosenne wezbrania Motławy. Pod względem granulometrycznym osady denne portu gdańskiego to głównie piaski średnio- i drobnoziarniste. Na podstawie badań uzyskanych przez Radke i in. (2008a) można stwierdzić, że największym udziałem frakcji mulisto-ilastej charakteryzuje się środkowa część kanału portowego (Nabrzeże Wiślane – 18%), najmniejszy występuje zarówno w górnym (ujście rzeki, Nabrzeże Ziółkowskiego), jak i dolnym (Nabrzeże Szczecińskie) odcinku kanału portowego. Osady z Nabrzeża Szczecińskiego podlegają wiosennym wezbraniom wód Motławy, co sprzyja wymywaniu drobnej frakcji i wynoszeniu jej w kierunku Nabrzeża Wiślanego i Węglowego. Tym prawdopodobnie należy tłumaczyć niskie zawartości frakcji drobnej przy Nabrzeża Szczecińskim i wysokie przy wspomnianych nabrzeżach.



**Ryc. 1.** Port Kłajpeda i Port Gdańsk wraz z ustytuowaniem stacji pomiarowych i wyznaczonymi strefami: naturalną (OSN) i terygeniczną (OST) (Pustelnikovas i in., 2005)  
**Fig. 1.** Klaipėda and Gdańsk harbours with the location of gauging stations and designated zones: natural (OSN) and terrigenous (OST) (Pustelnikovas et al., 2005)

**Tab. 2.** Charakterystyka porównawcza składu granulometrycznego i chemicznego warstwy powierzchniowej (0–5 lub 0–20 cm) osadów dennych w Porcie Kłajpeda i Porcie Gdańsk z wyszczególnieniem norm prawnych dotyczących postępowania z bagrowanym urobkiem (Pustelnikovas i in., 2005)

**Tab. 2.** Comparative characteristics of the granulometric and chemical content of the surface layer (0–5 or 0–20 cm) of bottom sediments in Klaipeda and Gdańsk harbours enumerating legal norms concerning the handling of the removed output (Pustelnikovas et al., 2005)

Port	Obszar sedymencyjny	Obszary portu	Rozmiar ziaren %		Corg% 1,5	Skład chemiczny Mikroelementy, mg/kg s.m (10–4 %)					
			Fracje grubo- ziarniste (>0,063 mm)	Fracje drobno- dyspersyjne (<0,063 mm)		Zn	Ni	Cr	Pb	Cd	Pf
Kłajpeda	Naturalny (OSN)	Zachodnia część cieśniny	84,9*	15,1**	1,5	31,0	16,0	42,0	1,3	10,0	9,0
	Strefa technologiczna (OST)	Wschodnia część cieśniny (kontynentalny wpływ przemysłu i miasta Kłajpedy)	21,0*	79,0**	3,2	131,0	22,0	58,0	1,5	105,0	62,0
Gdańsk	Naturalny (OSN)	Północna część (wpływ morza)	96,2	3,8	1,9	27,0	<1,7	6,0	0,3	9,0	11
		Nabrzeże Oliwskie (wpływ morza)	98,6	1,2	0,8	9,0	<1,7	>5	<0,14	>1,0	2,0
		Nabrzeże Siarkowe (wpływ morza)	96,1	3,9	1,9	66,0	<1,7	9,0	0,8	>9,0	14,0

Port	Obszar sedymantacyjny	Obszary portu	Rozmiar ziaren %		Corg%	Skład chemiczny Mikroelementy, mg/kg s.m (10-4 %)					
			Fracje grubo- ziarniste (>0,063 mm)	Fracje drobno- dyspersyjne (<0,063 mm)		Zn	Ni	Cr	Pb	Cu	Pb
Gdańsk	Strefa technogeniczna (OST)	Nabrzeże Wiślane (bariera geochemiczna i wpływ antropogeniczny)	85,9	14,1	5,0	334,0	11,0	38,0	2,0	131,0	93,0
		Nabrzeże Szczecińskie (bariera geochemiczna i wpływ antropogeniczny)	95,9	4,1	1,8	133	4,0	8,0	0,2	43,0	27,0
Skorygowane wskaźniki	Gdańsk (Polska), zgodnie z normami dla Morza Północnego, HELCOM-u (1996)		-	-	-	-	350,0	50,0	150,0	2,5	40,0
		Klaipėda (Litwa) zgodnie z standardem 462002 (Rozporządzenie Ministra Środowiska Nr 77, 2002)	-	-	-	-	300,0-340,0	50,0-100,0	100,0-200,0	2,0-5,0	100,0-200,0

\* frakcja >0,1 mm, \*\* frakcja <0,1 mm

#### 4. ROZMIESZCZENIE SUBSTANCJI CHEMICZNYCH W PORCIE GDAŃSKIM

Lokalizacja obydwu portów w obrębie ujścia rzek zapewnia jednocześnie łatwy dostęp do morza, jak również transport i przemieszczanie się statków w głąb lądu. Z drugiej jednak strony ukształtowanie ujścia oraz dynamika wód w rzece sprzyja transportowi osadów w zbiorniku. Ta zmiana dokonuje się pod wpływem przemieszczającej się masy wodnej, która odpowiada za wprowadzenie osadu w ruch. Jednocześnie odpowiada za remobilizację substancji chemicznych z osadów do toni wodnej, czyniąc je ponownie biodostępnymi.

W latach 1998–2007 prowadzono szczegółowe badania w rejonie Portu Gdańsk (Bolałek i in., 1999; Bolałek i Radke, 2006; Dembska i in., 2001; Radke i in., 2004, 2008a,b). Rdzenie osadów poddano badaniom na zawartość metali ciężkich i pochodnych cynoorganicznych.

Mniej więcej w tym samym okresie (od 1990 do 2004 r.) prowadzono podobne badania dotyczące zawartości metali śladowych w próbkach osadów pobranych z Portu Kłajpeda (Salučka i Trimonis, 1998; Trimonis i Gulbinskas, 2000; Pustelnikovas, 2002).

Na podstawie bogatej bazy danych, uzyskanych z próbek dla obydwu portów, Pustelnikovas i in. (2005) wydzieliли następujące obszary odpowiedzialne za rozmieszczenie substancji chemicznych w rejonach badanych portów:

- strefę naturalną (OSN),
- strefę technogeniczną (OST – strefa dostawy materiału, tranzytowa oraz ubytku osadów).

W strefie OSN obydwu portów przeważa piasek różnoziarnisty z niewielką domieszką mułów (Pustelnikovas i in., 2005, 2008). Również udział węgla organicznego ( $C_{org}$ ) w próbkach z tej strefy jest mniejszy. W rezultacie prowadzi to do zmniejszenia wartości poziomów stężeń substancji chemicznych w analizowanych próbkach osadów (tab. 2).

Inaczej kształtują się warunki fizyczno-chemiczne występujące w strefie OST. Jak wynika z tab. 2 osady z tej strefy charakteryzują się większym udziałem frakcji drobnej ( $< 0,063$  mm) i są wzbogacone w węgiel organiczny. Dlatego też poziomy stężenia badanych substancji chemicznych w pobranym materiale były wysokie. Cechą charakterystyczną tego rejonu jest przewaga czynników antropogenicznych (m.in. wysokie uprzemysłowienie i eksploatacja, dopływy ścieków komunalnych itp.) nad naturalnymi. Powyższe prawidłowości odnoszą się nie tylko do wyników stężeń metali uzyskanych z próbek osadów z portu gdańskiego, ale również można je zaobserwować w danych pochodzących z późniejszych badań (2003–2005) nad zawartością pochodnych cynoorganicznych (Radke i in., 2008a).



Najwyższe poziomy stężenie metali i pochodnych cynoorganicznych otrzymano w próbkach osadów pobranych z rejonów portu gdańskiego zaklasyfikowanych do strefy OST (Nabrzeże Wiślane, Szczecińskie i Węglowe) (ryc. 2, 3, 4). Najniższymi poziomami stężeń badanych substancji charakteryzowały się próbki pobrane ze strefy OSN (Port Północny, Nabrzeże Oliwskie, Siarkowe). Istotny wpływ na takie rozmieszczenie substancji chemicznych może mieć wpływ bariery geochemicznej, która kształtuje skład chemiczny osadów i jednocześnie umożliwia podział całego portu na dwie strefy, tj. OSN i OST (Pustelnikovas i in., 2005).

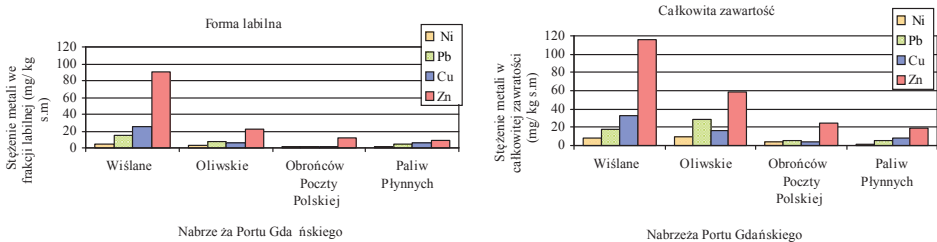
W osadach portu kłajpedzkiego rozmieszczenie pierwiastków śladowych jest wynikiem zarówno wynoszenia w głąb materiału drobnodispersyjnego, jak i efektem oddziaływania wezbrań sztormowych. Strefa OSN obejmuje zasięgiem kanał nawigacyjny od strony morskiej stacji promowej aż po Nabrzeże KLASCO, a następnie ujście cieśniny (Pustelnikovas, 2003; Pustelnikovas i in., 2005, 2008). Jest to obszar o silnym przepływie wód i materiał osadowy jest przenoszony rzeką w kierunku morza. Obszar OST obejmuje wschodnią część kanału portowego (port rybacki, stocznię, przystań rzeczną itp.), w której silnie uwidacznia się działanie czynników antropogenicznych (ścieków komunalnych i odpadów nawigacyjnych), stąd poziomy stężenie substancji chemicznych w próbkach z tego rejonu są od 1,5 do 10 razy większe niż ze strefy OSN (w zachodniej części cieśniny Kurońskiej) (Pustelnikovas i in., 2008).

Kolejnym elementem wpływającym na rozmieszczenie substancji w próbkach osadów portowych jest nasilenie zjawisk erozyjnych, spowodowanych m.in. przepływającymi statkami oraz pracami czerpakowymi (Bołałek i in., 1999; Radke i in., 2008a,b). Zmiany te w istotny sposób mogą zaburzać pionowe i poziome rozmieszczenie pierwiastków wraz z głębokością. Szczególnie na tego typu zmiany narażona jest powierzchniowa warstwa osadów (0–20 cm), wyścielająca dno kanału (Bołałek i in., 1999; Dembska i in. 2001, Radke i in., 2004). Mechaniczna resuspensja osadu z dna kanałów portowych może stać się przyczyną uwalniania z masy osadu do toni wodnej nagromadzonego ładunku zanieczyszczeń.

#### **4.1. Udział substancji chemicznych w próbkach pobranych z portu gdańskiego w świetle ustawodawstwa**

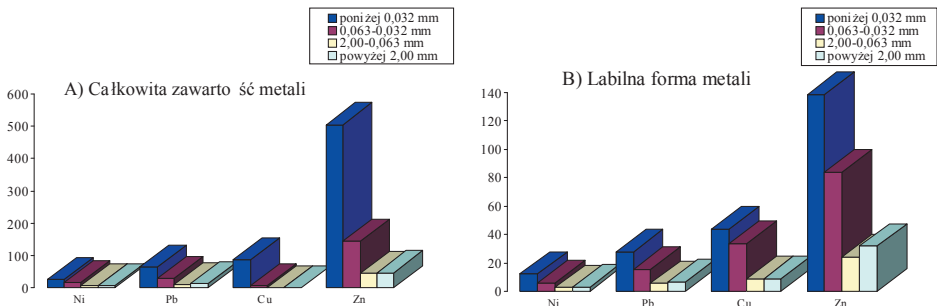
Poszczególne wartości stężeń badanych substancji w próbkach portowych przedstawiono w tab. 2 i na ryc. 2, 3, 4. W próbkach osadów z portu gdańskiego stwierdzono większy udział cynku, ołowiu i miedzi, jak również pochodnych butylowych cyny. Wartości stężeń niklu i pochodnych fenylowych cyny były niskie i z reguły mieściły się w zakresie wartości granicy oznaczalności metody (Radke i in., 2008a). Dodatkowo najwyższe poziomy stężenie substancji

chemicznych stwierdzono w próbkach osadów o średnicy ziaren  $<0,063$  mm (ryc. 3, 4). Najbardziej zanieczyszczonymi przez substancje chemiczne próbkami okazały się osady pobrane z rejonu Nabrzeża Wiślanego, Szczecińskiego i Węglowego, czyli miejsc usytuowanych w bliskim sąsiedztwie stoczni.



**Ryc. 2.** Porównanie średnich wartości stężeń metali  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. w formie labilnej i całkowitej zawartości metali we frakcji poniżej 2,00 mm w osadach nabrzeży Portu Gdańsk (opracowanie własne)

**Fig. 2.** Comparison of average values of metal concentrations  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. in the labile form and total metal content in the fraction below 2,00 mm in the sediments of the Gdańsk harbour quays (prepared by the author)



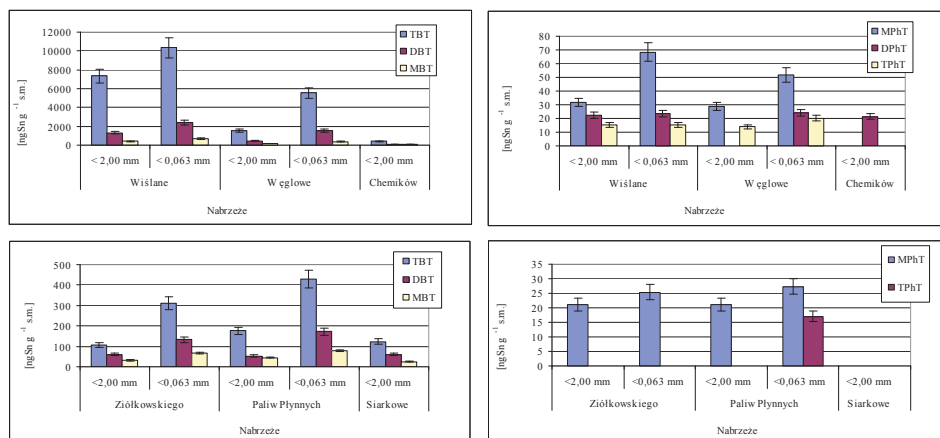
**Ryc. 3.** Udział średnich stężeń metali: (a) w całkowitej zawartości i (B) w formie labilnej w poszczególnych frakcjach granulometrycznych osadów Portu Gdańsk (opracowanie własne)

**Fig. 3.** Share of average metal concentration in: (a) the total content, and (B) in the labile form in individual granulometric fractions of the Gdańsk harbour deposits (prepared by the author)

W przypadku metali śladowych nie stwierdzono przekroczenia norm wyznaczonych przez polskie i litewskie władze.

Próbki osadów z portu gdańskiego charakteryzują się niską zawartością TPhT i jej produktów degradacji, jednakże udział pochodnych TBT był wyso-

ki (ryc. 4). W sytuacji, kiedy brak w polskich przepisach prawnych wartości regulujących dopuszczalną zawartość pochodnych cynoorganicznych w urobku czerpalnym, trudno jest wnioskować o jego dalszych losach.



**Ryc. 4.** Poziome rozmieszczenie pochodnych butylowych i fenylowych cyny w całkowitej i drobnej frakcji osadu na przykładzie uzyskanych średnich wartości stężeń analityków dla próbek z poszczególnych nabrzeży przeładunkowych portu gdańskiego (Radke i in., 2008a)

**Fig. 4.** Lateral distribution of butyl and phenyl derivatives of tin in the total and fine sediment fractions using the average concentrations of analytes obtained for samples from individual cargo-handling quays of the Gdańsk harbour (Radke et al., 2008a)

#### 4.2. Zagrożenia wynikające z zagospodarowania ujścia rzek

W modyfikowanej przez człowieka strefie ujściowej rzek w rejonie, w którym usytuowane są obydwie porty, często występują niesprzyjające zjawiska, m.in. wezbrania sztormowe i cofki, powstawanie bariery geochemicznej, zarastanie koryta rzecznego czy nasilenie procesów mechanicznego niszczenia dna za sprawą przydennych prądów generowanych przez przepływające statki.

Intensywność tych ostatnich procesów w obydwu portach zależy w prostej linii od m.in. głębokości akwenu, rodzaju gruntu, mocy napędu, średnicy śruby, czy zanurzenia statku. Dla przykładu Szurowski (1996) podaje, że nawet przy ograniczonym korzystaniu z mocy napędu głównego przez duże statki, przydenne prądy zaśrubowe w porcie gdańskim mogą lokalnie generować prędkości od 4 do 7  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Oznacza to, że może dochodzić do dziesięciokrotnego przekroczenia dopuszczalnych prędkości granicznych. Prowadzi to do mechanicznego niszczenia dna, a w konsekwencji do osłabienia umocnień i stabilności nabrzeży.

Kolejnym problemem, który wpływa na warunki hydrologiczne obydwu portów są wezbrania sztormowe i cofki. Charakteryzują się one podwyższeniem lustra wody w kierunku górnego biegu cieku wodnego i wtłaczaniu zasolonej masy wody do kanału portowego. W rezultacie może to prowadzić do:

- wylewu wód kanałów (powodzi),
- resuspencji osadów i przemieszczania ich w nieporządane rejony kanałów,
- remobilizacji substancji chemicznych z osadów do toni wodnej,
- wytworzenia na granicy faz woda rzeczna-morska bariery geochemicznej odpowiedzialnej za swoiste rozmieszczenie substancji chemicznych w zbiorniku.

Istotnym problemem portów zlokalizowanych w strefach przyujściowych jest szybkie tempo sedymentacji, które przyczynia się do zarastania kanałów portowych i zmniejszenia bezpieczeństwa nawigacyjnego. W celu umożliwienia bezpiecznej żeglugi na terenie portu przeprowadza się prace czerpalne. Szacuje się, że roczna ilość osadów klasyfikujących się do usunięcia z akwenów portu gdańskiego wynosi od 50 do 60 tys. m<sup>3</sup> (Eko-Konsult, 1998). Dla porównania, ilość materiału osadowego pochodzącego z Portu Kłajpeda w latach 1994–1995 wynosiła od 300 do 400 tys. m<sup>3</sup> rok<sup>-1</sup> (Żaromskis i Gulbinskas, 1996).

Dalsze postępowanie z urobkiem nie jest proste, ponieważ zawiera on substancje chemiczne, które czynią z niego odpad. W Polsce do 1990 r. osady pochodzące z kanałów portowych składowano w morzu bez obowiązku wykonywania jakichkolwiek badań (Dembska i in., 2001). Obecny stan prawny zabrania zatapiania osadów bez szczegółowo podjętych badań (Rozporządzenie..., 2006, Rozporządzenie..., 2002). W przypadku Morza Bałtyckiego szczególne zasady postępowania z urobkiem czerpalnym regulują: Art. 11 (a także Załącznik V) Konwencji Helsińskiej (1992), Rekomendacja HELCOM 13/1 (HELCOM, 1992), Załącznik do Rekomendacji (HELCOM, 2007).

W ślad za tymi wymogami w krajach Europy Zachodniej powstały bardziej szczegółowe wytyczne dotyczące kontrolowania zawartości substancji niebezpiecznych w urobku czerpalnym. Przykładowe kryteria oceny urobku czerpalnego zostały zdefiniowane w oparciu o dwa poziomy wartości granicznych (ang. action level) (tab. 3.). Zgodnie z nimi, gdy zawartość substancji chemicznych w próbkach urobku czerpalnego przyjmuje wartości poniżej pierwszego poziomu granicznego, wówczas osad zostaje zaklasyfikowany jako „niezanieczyszczony” i może zostać zatopiony w morzu. Gdy wartości substancji chemicznych przekroczą dopuszczalną wartość wyznaczoną dla poziomu drugiego, osad taki uznany zostanie za zanieczyszczony i nie podlega zatopieniu w morzu (HELCOM MONAS, 2004).

W przypadku osadu „niezanieczyszczonego” dalsze postępowanie z nim nie stanowi problemu, gdyż może on zostać: zatopiony w morzu bądź też wykorzystany gospodarczo na lądzie m.in. do wzmocnienia plaż, rozbudowy wysp, parków, portów czy wypełnienia dróg.

**Tab. 3.** Przykładowe wartości graniczne wybranych stężeń substancji chemicznych (mg · kg<sup>-1</sup> · d.w.) w urobku czerpalnym  
**Tab. 3.** n boundary values of selected concentrations of chemical substances (mg · kg<sup>-1</sup> · d.w.) in the removed output

	Belgia <2,00 mm		Francja <2,00 mm		Niemcy <20µm		Norwegia <2,00 mm		Hiszpania <2.00 mm: >10% zawartości frakcji drobnej		Szwecja <2,00 mm		Polska* <2,00 mm (forma labilna)	
	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2
As	20,0	100,0	25,0	50,0	30,0	150,0	80,0	1000,0	80,0	200,0	30,0	100,0		30,0
Cd	2,5	7,0	1,2	2,4	2,5	12,5	1,0	10,0	1,0	5,0	0,9	3,0		7,5
Cr	60,0	220,0	90,0	180,0	150,0	750,0	300,0	5000,0	200,0	1000,0	60,0	200,0		200,0
Cu	20,0	100,0	45,0	90,0	40,0	200,0	150,0	1500,0	100,0	400,0	60,0	200,0		150,0
Hg	0,3	1,5	0,4	0,8	1,0	5,0	0,6	5,0	0,6	3,0	0,3	1,0		1,0
Ni	70,0	280,0	37,0	74,0	50,0	250,0	130,0	1500,0	100,0	400,0	15,0	150,0		75,0
Pb	70,0	350,0	100,0	200,0	100,0	500,0	120,0	1500,0	120,0	600,0	30,0	100,0		200,0
Zn	160,0	500,0	276,0	552,0	350,0	1750,0	700,0	10000,0	500,0	3000,0	375,0	1250,0		1000,0
S 7PCBs	2,0	2,0	0,5	1,0	20,0	60,0	25,0	300,0	30,0	100,0				0,3 A
α-HCH					0,4	1,0								
γ-HCH					0,2	0,6								
HCB					2,0	6,0	2,5	50,0						
PeCBz					1,0	3,0								
S DDT					5,0	16,0								
PAHs					1000,0	3000,0								

(mg kg<sup>-1</sup> s.m.)

(µg kg<sup>-1</sup> s.m.)

	Belgia <2,00 mm		Francja <2,00 mm		Niemcy <20µm		Norwegia <2,00 mm		Hiszpania <2,00 mm: >10% zawartości frakcji drobnej		Szwecja <2,00 mm		Polska* <2,00 mm (forma labilna)	
	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2	Action level 1	Action level 2
Benzo(a) antracen														1,5A
Benzo(b) fluoranten														1,5A
Benzo(k) fluoranten														1,5A
Benzo(ghi) perylene			0,05	0,5										1,0A
Benzo(ghi) antracen														1,0A
TBT	3,0	7,0			20,0	600,0(2001)								
					20,0	300,0(2005)								
					20,0	60,0(2010)								

\* forma labilna &lt;2,00 mm

A – (mg kg<sup>-1</sup> s.m.)

Źródło: ICES CM, E:03 (2002); HELCOM MONAS (2004); Rozporządzenie..., 2002;

Problemem jest osad, którego zawartości substancji chemicznych wykazują wartości stężeń powyżej poziomu 2. Taki materiał wymaga dokładnego procesu remediacji, a to wiąże się z dużymi nakładami finansowymi. Dla przykładu, koszt oczyszczenia 1 m<sup>3</sup> bagrowanego osadu z TBT wynosi od 80 do 100 Euro (Mędrzycka i in., 2006).

Innym rozwiązaniem jest wysypywanie takiego osadu na specjalnie kontrolowanych, obudowanych obszarach, lub zatapianie go w betonie. Jednakże takie rozwiązanie wymaga wyznaczenia i kontrolowania dużej powierzchni obszaru.

### PODSUMOWANIE

Prawidłowe funkcjonowanie portów zlokalizowanych w rejonie ujścia rzek nakłada obowiązek stałego monitorowania zarówno ilości zalegającej masy osadu na dnie koryta, jak również umocnieniom dna.

Dodatkowo dochodzi jeszcze kwestia postępowania z urobkiem czerpalnym zawierającym substancje chemiczne, który dla bezpieczeństwa środowiska musi zostać odpowiednio sklasyfikowany, zanim zostanie poddany składowaniu na lądzie czy też w morzu.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że urobek, który zawierałby tylko metale śladowe, mógłby podlegać zatopieniu w morzu.

### Literatura:

- Bolałek J., Dembska G., Aftanas B., Hofman J., Szefer P., 1999, Przewidywane i wgłębne rozmieszczenie chromu, cynku, kadmu, miedzi, niklu, ołowiu i rtęci w różnych frakcjach granulometrycznych osadów Portu Gdańskiego. *Zeszyty Naukowe Instytutu Morskiego*, 2, 21–37.
- Bolałek J., Radke B., 2006, Udział formy labilnej i całkowitej Pb, Ni, Cu, Zn w osadach Portu Gdańskiego [w:] *Przegląd Komunalny*, Gospodarka Komunalna i Ochrona Środowiska – Zeszyty Komunalne 9, ABRYS, 78–80.
- Dembska G., Bolałek J., Aftanas B., Guz W., Wiśniewski S., 2001, Udział formy labilnej i całkowitej metali ciężkich w osadach dennych z Portu Gdańskiego, [w:] J. Siepak (red.) *Problemy analityczne badań osadów dennych, Sympozjum Naukowe Komitetu Chemii Analitycznej PAN, Materiały pokonferencyjne*, Wyd. UAM, Poznań, 64–97.
- Eko-Konsult, 1998, Projmors BPBM Sp. z o.o., *Ocena realizacji obowiązków wynikających z tytułu wymagań ochrony środowiska Zarządu Portu Gdańsk S.A. w Gdańsku* 36, 48–54, 60–64.
- HELCOM MONAS, 2004, Matters connected with HELCOM recommendation under HELCOM MONAS, 4/1, National Instructions for dredging and disposal of dredged materials, [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi).

- HELCOM, 1992, Rekomendacja 13/1, [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi).
- HELCOM, 2007, Guidelines for the Disposal of Dredged material at Sea 2007, [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi).
- ICES CM, E: 03, 2002, Report of the working group on marine sediments in relation to pollution. AZTI, San Sebastian, Spain, 11–15 March 2002.
- Konwencja Helińska, 1992, O ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego, *Dz. U.* z 2000 r., Nr 28, poz. 346.
- Majewski A., 1977, Charakterystyka hydrologiczna Martwek Wisły. *Przeg. Geofiz.* 3–4, 213–224.
- Majewski A., 1994, Naturalne warunki środowiskowe Zatoki Gdańskiej i jej obrzeża. [w:] J. Błażejowski, D. Schuller (red.) *Zanieczyszczenie i odnowa Zatoki Gdańskiej*, Materiały Seminarium – Gdynia 1991, Wyd. UG, 22–35.
- Mędrzycka K., Dubiella-Jackowska A., Wasik A., Namieśnik J., 2006, Zastosowanie techniki GC – FPD do oznaczania związków cyjnoorganicznych w próbkach osadów dennych pobranych w morskim Porcie Gdańsk oraz w morskim Porcie Gdynia. *Ekologia i technika*. T 14, 85 suplement, 62–66.
- Pustelnikovas O., 2002, Sedimentation and geochemical anomalies in the Klaipėda Strait: natural origin or human impact? *Geologia*, 40, Vilnius, 3–14.
- Pustelnikovas O., 2003, Sediments of Klaipėda strait-port as a reflection of interaction of the natural process and human impact [w:] *Geologia i geomorfologia pobraża i Południowego Bałtyku*, 5. Słupsk, p. 45–62.
- Pustelnikovas O., Dembska G., Radke B., Bolałek J., 2005, Sedymentacja i rozmieszczenie pierwiastków chemicznych w portach południowego Bałtyku (w Kłajpedzie i w Gdańsku), [w:] *Geologia i geomorfologia pobraża i Południowego Bałtyku*, Słupsk 2005, 67–88.
- Pustelnikovas O., Dembska G., Szefer P, Radke B., Bolałek J., 2008, Distribution of the element migration (state) forms of microelements in the sediments of Klaipėda and Gdańsk Ports, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, XXXVI (4), 129–149.
- Radke B., Dembska G., Aftanas B., Bolałek J., 2004, The occurrence of total and labile forms of lead and nickel in the sediments of the Port of Gdańsk, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, XXXIII (2), 41–56.
- Radke B., Łęczyński L., Wasik A., Namieśnik J., Bolałek J., 2008a, The content of butyl- and phenyltin derivatives in the sediment from the Port of Gdansk, *Chemosphere* 73 (2008), 407–414.
- Radke B., Dembska G., Aftanas B., Kowalczyk A., Bolałek J., 2008b, Spatial distribution of labile and total forms of copper and zinc in sediments from the Port of Gdańsk, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, XXXVI (4), 79–89.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 26 stycznia 2006 r. w sprawie trybu wydawania zezwoleń na usuwanie do morza urobku z pogłębienia dna oraz na zatapianie w morzu odpadów lub innych substancji, 2006, *Dz. U.* Nr 22, poz. 166.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony, 2002, *Dz. U.* Nr 55, poz. 498.
- Salučka S., Trimonis E., 1998, Peculiarities of changes of metal quantities in the sediments fluxes. *Geographical Yearbook*, 31, 159–173 (in Lithuanian).



- 
- Szurowski T., 1996, Zmiany warunków batymetrycznych akwenów portowych, *Inżynieria morska i geotechnika* 1, 145–147.
- Szwernowski P., 1957, *Studium gospodarki urobkiem*, Wyd. IM, 25.
- Trimonis E., Gulbinskas S., 2000, Sediments of Klaipėda Strait. *Geology*, 30. Vilnius, 20–27 (in Lithuanian).
- Žaromskis R., Gulbinskas S., 1996. Dumping problems in Lithuanian coastal zone. *Fishery in Lithuania*, I. Vilnius, 213–228 (in Lithuanian).