

Krystyna Dzikowska, Lech Noga***

OCENA WARUNKÓW GEOTECHNICZNYCH I STANDARDÓW JAKOŚCI OSADÓW DENNYCH DLA POTRZEB MODERNIZACJI KANAŁU MIEJSKIEGO WE WROCŁAWIU

1. Wprowadzenie

Projektowana modernizacja Wrocławskiego Węzła Wodnego (WWW) dla potrzeb ochrony przeciwpowodziowej Wrocławia wymaga przystosowania Kanału Miejskiego do przepuszczenia wielkiej wody kontrolowanej według nowych przepływów kontrolnych, przyjętych po powodzi z 1997 roku.

Generalnie planowane są następujące prace budowlane:

- wzmocnienie i uszczelnienie lewobrzeżnego nadbrzeża kanału w trakcie budowy bulwarów i przystani żeglugowych;
- pogłębienie kanału;
- doszczelnienie podłoża gruntowego kanału na odcinkach, które będą tego wymagać;
- remont i modernizacja bramy powodziowej na wlocie wody do kanału;
- remont zamknięcia śluzy miejskiej.

Pogłębienie kanału ma polegać tylko na usunięciu osadów dennych, zalegających w dnie kanału, bez naruszania istniejącego w dnie kanału łożowego ekranu poziomego. Niniejsza praca przedstawia warunki geotechniczne podłoża i standardy jakości osadów dennych jako urobku z pogłębiania kanału dla potrzeb projektowanych przedsięwzięć i ochrony środowiska. Istnieje obawa, że zawarte w osadach dennych zanieczyszczenia mogą przedostać się do środowiska podczas ich wydobywania oraz w miejscach, gdzie wydobyte osady zdeponowano. Warunki geotechniczne podłoża rozpoznano na podstawie wyników wiercenia otworów do głębokości 10 m i sondowań w gruntach niespoistych do głębokości 6,6 m. Na

* Instytut Geotechniki i Hydrotechniki, Politechnika Wrocławska, Wrocław

** Przedsiębiorstwo Badawczo-Wdrożeniowe PROGEOS, Wrocław

wytypowanych próbkach gruntów w laboratorium przeprowadzono badania wilgotności naturalnej, uziarnienia, gęstości objętościowej, konsystencji i wytrzymałości na ścinanie w aparacie bezpośredniego ścinania.

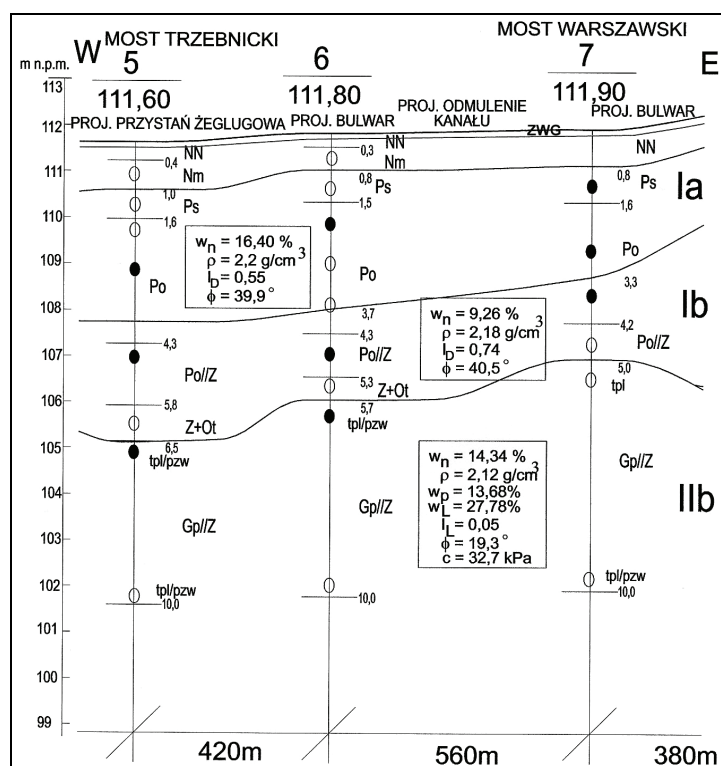
Standardy jakości osadów dennych określono na podstawie porównania wyników badań własnych z wartościami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16.04.2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony [7] i rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 01.08.2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [8]. Osady denne przebadano na całkowitą zawartość: metali ciężkich (arsen, kadm, ołów, cynk, miedź, nikiel, rtęć), wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(ghi)perylenu, benzo(a)pienu, dibenzo(a,h)antracenu, indeno(1,2,3-c,d)iprenu), sumy polichlorowanych bifenyli (PCB-28,52,101,118,138,153, 180), bakterii z rodzaju *Salmonella* oraz łącznej liczby żywych jaj pasożytów jelitowych z rodzaju *Trichuris trichura*, *Ascaris lumbricoides* i *Toxocara sp.*

2. Ogólna charakterystyka geośrodowiskowa terenu

Kanał Miejski we Wrocławiu jest położony na tarasie zalewowym doliny Odry. Prawobrzeżne otoczenie kanału stanowi międzywał Starej Odry, które jest oddzielone od kanału wałem rozdzielczym. Koryto Starej Odry jest oddalone od kanału o około 100 m. Wał rozdzielczy jest zlokalizowany tuż przy kanale. Natomiast lewobrzeżne nadbrzeże stanowi brzeg kanału, o wysokości około 4 m. Jednocześnie jest to obszar zabudowy mieszkalno-usługowej, przemysłowej i poprzemysłowej. Zabudowa przemysłowa i poprzemysłowa graniczy bezpośrednio z kanałem. Kanał Miejski stanowi odbiornik spływających wód powierzchniowych, zwłaszcza z terenów przemysłowych. Dotychczasowe badania osadów dennych z rzeki Odry i jej odnóg wykazały, że osady są znacząco zanieczyszczone metalami ciężkimi [12, 14]. Podłoże gruntowe tego rejonu budują grunty rodzime plejstoceniowe i holoceniowe oraz nasypy niekontrolowane [3, 13, 15]. Osady plejstoceniowe są reprezentowane przez wodnolodowcowe, gruboziarniste grunty piaszczysto-żwirowe i gliny piaszczyste związane moreny dennej. Utwory holoceniowe są wykształcone jako piaski średnie, przechodzące ku spągowi w piaski grube i pospółki. W górnych partiach piasków średnich mogą sporadycznie występować piaski drobne i pylaste. Natomiast w całej serii piaszczysto-żwirowej mogą występować lokalne, cienkie przewarstwienia namulów rzecznych. Warstwę wodonośną pierwszego poziomu wodonośnego budują piaszczysto-żwirowe utwory plejstocenu i holocenu. Zwierciadło wody podziemnej pierwszego poziomu wodonośnego wykazuje generalnie ścisły związek z poziomem wody w Odrze. W międzywale Starej Odry zwierciadło wody podziemnej występuje na głębokości od 0,8 do 1,8 m [15]. Kierunek spływu wód podziemnych jest tu współzależny od elementów hydrotechnicznych (Kanał Miejski, Stara Odra, kanał żeglugowy). Ponieważ poziom wody w Kanale Miejskim i poziom wód podziemnych w międzywale jest regulowany, to kierunek przepływu wód zależy od różnicy poziomów między kanałem a Starą Odrą. Na terenie Wrocławia pierwszy poziom wodonośny jest nieużytkowy, głównie ze względu na jego zanieczyszczenie.

3. Warunki geotechniczne

Podłoże gruntowe w kanale budują: nasypy niekontrolowane, osady denne w dnie kanału, holocenijskie piaski średnie przechodzące w spąg w pospółki oraz plejstocenijskie pospółki i żwiry, przechodzące w spąg w żwiry z otoczkami i lokalnie w tzw. „bruk morenowy” oraz gliny piaszczyste moreny dennej. Ze względu na stopień zagęszczenia gruntów niespoistych i stopień plastyczności gruntów spoistych wydzielono w podłożu trzy warstwy geotechniczne. Generalne warunki geotechniczne w podłożu kanału przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przekrój geotechniczny podłoża Kanału Miejskiego we Wrocławiu

Objaśnienia w tekście

Na zamieszczonym przekroju wydzielone warstwy geotechniczne oznaczono numerami Ia, Ib i IIb. Nasypy niekontrolowane i osady z dna kanału nie zostały wydzielone jako warstwy geotechniczne, gdyż będą one usuwane podczas modernizacji kanału.

Nasypy niekontrolowane stwierdzono wzdłuż całej trasy Kanału Miejskiego. Stanowią one mieszaninę miejscowych gruntów piaszczystych z kamieniami i gruzem ceglany oraz lokalnie z osadem dennym. Ich miąższość wynosi od 0,3 do 0,8 m. Osady denne wykazują

uziarnienie jak pyły i gliny piaszczyste z przewarstwieniem piasków drobnych. Miąższość ich wynosi od 0,6 do 1,3 m. Warstwa geotechniczna Ia zalega pod nasypami niekontrolowanymi. Jej miąższość wynosi około 3 m. Budują ją holocenijskie, zawadnione piaski średnie przechodzące ku spągowi w pospółki. Stan tych gruntów jest średnio zagęszczony, o stopniu zagęszczenia $I_D^{(n)}$ około 0,55, a wskaźnik różnoziarnistości tych gruntów o wartości poniżej 3 świadczy o słabych możliwościach ich zagęszczania [3]. Poniżej zalegają plejstocenijskie, zawadnione grunty piaszczysto-żwirowe z otoczkami. Stanowią one warstwę geotechniczną Ib o miąższości od 2 do 5 m. Grunty w tej warstwie są zagęszczone, o stopniu zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,74$ i kącie tarcia wewnętrznego $\varphi_u^{(n)} = 40,5^\circ$. Parametry geotechniczne wskazują, że jest to warstwa nośna. Warstwa geotechniczna IIb reprezentuje plejstocenijskie gliny piaszczyste z domieszkami żwiru. Strop glin kształtuje się na głębokości od 5 do 7 m. Stan glin jest twardeplastyczny, o stopniu plastyczności $I_L^{(n)}$ od 0,02 do 0,11, czyli zbliżony do stanu półzwartego. Spójność $c_u^{(n)}$ glin zawarta była w przedziale od 30 do 35 kPa, a kąt tarcia wewnętrznego $\varphi_u^{(n)}$ od 18 do 20°. Są to grunty skonsolidowane o modułach ścisłości $M_o^{(n)}$ w przedziale od 60 do 80 MPa. Warstwę geotechniczną IIb należy traktować jako podłoże nośne i szczelne, przydatne również przy wykonywaniu osłonowych ścian uszczelniających. Na prawym brzegu kanału zwierciadło pierwszego poziomu wodonośnego stwierdzono na głębokości 0,1 m. Było to zwierciadło swobodne zależne od opadów atmosferycznych. Kierunek spływu wód pierwszego poziomu wodonośnego może tu przybierać przeciwstawne kierunki, w zależności od aktualnego układu hydraulicznego pomiędzy Kanałem Miejskim, Starą Odrą i kanałem żegludowym [15].

4. Zanieczyszczenie osadów dennych

Próbki osadów dennych z dna kanału pobrano multipróbnikiem na żerdziach, po wypompowaniu wody powierzchniowej z kanału [4]. Punkty pobrania osadu dennego z dna kanału zlokalizowano przede wszystkim w rejonie mostów i zabudowy przemysłowej oraz poprzemysłowej. Stopień zanieczyszczenia osadów dennych w Kanale Miejskim oceniono na podstawie rozporządzeń [7, 8], w których podano dopuszczalne całkowite zawartości substancji chemicznych i zanieczyszczeń mikrobiologicznych w osadach. Rozporządzenie [7] stanowi, że urobek uznaje się za zanieczyszczony, gdy stężenie co najmniej jednej substancji chemicznej osiągnie wartość wyszczególnioną w załączniku do rozporządzenia. Wykonane analizy chemiczne i mikrobiologiczne wykazały, że osady denne w kanale, jako urobek, na żadnym odcinku kanału nie są zanieczyszczone wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, polichlorowanymi bifenylami i bakteriami z grupy *Salmonella* oraz jajami pasożytów jelitowych z grupy *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* i *Toxocara sp.* Osady denne są zanieczyszczone metalami ciężkimi: kadmem, ołowiem, cynkiem, niklem i rtęcią. Zawartości oznaczanych metali ciężkich w osadach dennych zamieszczono w tabeli 1. Zanieczyszczone metalami ciężkimi osady denne występują na odcinku kanału, który sąsiaduje bezpośrednio z zabudową przemysłową i poprzemysłową.

TABELA 1

Zawartość metali ciężkich w osadach dennych jako urobku z pogłębienia dna Kanału Miejskiego we Wrocławiu

Otoczenie punktu poboru osadu	Zawartość metali ciężkich w mg/kg s. m.							
	As	Cd	Pb	Cr	Zn	Cu	Ni	Hg
Most Osobowicki	< 0,7	1,9	19	16	69	6,0	11	0,055
ZNTK Wrocław	4,0	9,3*	265*	97	1705*	128	100*	1,526*
Wrobot	4,5	8,2*	263*	80	1669*	94	86*	2,883*
Browar Piastowski	7,8	0,3	321*	58	3579*	92	88*	2,229*
Most Warszawski	2,9	0,1	116	165	1602*	94	112*	1,438*
Norma	< 30	< 7,5	< 200	< 200	< 1000	< 150	< 75	< 1

* Przekroczenie dopuszczalnych zawartości metali ciężkich w osadach dennych jako urobku z pogłębienia kanału.

Przekroczenie dopuszczalnej całkowitej zawartości metali ciężkich w osadach dennych wynosi: kadmu 24%, ołowiu od 31,5 do 60,5%, cynku od 60 do 360%, niklu od 15 do 33% i rtęci od 40 do 290%. Osady denne o przedstawionych zawartościach metali ciężkich stanowią źródło zanieczyszczeń nie tylko dla wód powierzchniowych i/lub środowiska gruntowo-wodnego oraz biosfery w kanale, ale i przyległych ekosystemów lądowych, np. podczas powodzi zanieczyszczone osady denne mogą być przemieszczane na gleby tarasów zalewowych [1].

5. Podsumowanie

Podłoże gruntowe Kanału Miejskiego we Wrocławiu do głębokości 10 m budują: przy-powierzchniowe nasypy niekontrolowane i osady denne w dnie kanału przewidziane do usunięcia, rzeczne piaski średnie przechodzące w spągu w pospółki i wodnolodowcowe pospółki, żwiry z otoczakami i tzw. „bruk morenowy” oraz gliny piaszczyste moreny denne. Generalnie grunty rodzime tworzą nośne podłoże dla projektowanego przystosowania Kanału Miejskiego do przepuszczenia wielkiej wody kontrolowanej. Plejstocenijskie grunty piaszczysto-żwirowe są w stanie zagęszczonym, o wysokim stopniu zagęszczenia 0,74 i kącie tarcia wewnętrznego 40,5°, a gliny piaszczyste są w stanie twaroplastycznym, o stopniu plastyczności 0,06, graniczącym z stanem półzwardym i spójnością 33 kPa. Warstwa gliny piaszczystej stanowi podłoże nośne i szczelne oraz przydatne przy wykonywaniu osłonowych ścian uszczelniających. Natomiast holocenijskie piaski średnie, które są w stanie średnio zagęszczonym, mogą się trudniej zagęszczać z powodu wartości wskaźnika różno-ziarnistości poniżej 3 [3]. Zanieczyszczenie wydobytych osadów kadmem, ołowiem cyn-

kiem, niklem i rtęcią powoduje, że osady te będą odpadem [6, 9] i muszą podlegać zagospodarowaniu lub unieszkodliwieniu. Przeprowadzona ocena jakości osadów na podstawie rozporządzenia [8] wykazała, że osady z dna Kanału Miejskiego spełniają standardy jakości gleby i ziemi tylko dla terenów przemysłowych, użytków kopalnych i terenów komunikacyjnych [4]. Zdeponowanie zanieczyszczonych osadów dennych na wymienionych terenach może stwarzać zagrożenie dla środowiska gruntowo-wodnego i wód powierzchniowych. Wynika to z możliwości przedostawania się metali ciężkich do tych środowisk [1, 2, 5]. Przedostawanie to jest możliwe, ponieważ w zdeponowanych osadach zachodzą zmiany warunków oksydacyjno-redukcyjnych. Zmiana warunków beztlenowych na tlenowe umożliwia przedostawanie się metali ciężkich z osadów do środowiska gruntowo-wodnego i wód powierzchniowych [2]. Oznacza to, że przy ocenie zagrożenia związanego z zagospodarowaniem wydobywanych osadów dennych należy uwzględniać nie tylko rozporządzenie dotyczące zanieczyszczenia urobku [7], ale również rozporządzenie dotyczące odpadów [9].

LITERATURA

- [1] *Bojakowska I.*: Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów wodnych. Przegląd geologiczny, nr 3, 2001, 213–218
- [2] *Bourg A., Loch J.*: Mobilization of heavy metals in the affected by pH and redox conditions. [w:] Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments. Springer-Verlag, Berlin, 87–102
- [3] *Dzidowska K., Noga L.*: Badania kontrolne, punktowe warunków geotechnicznych dla potrzeb projektowanych przedsięwzięć wzdłuż Kanału Miejskiego we Wrocławiu. Wrocław, Archiwum P B-W „Progeos” 2007
- [4] *Dzidowska K., Noga L.*: Badania i ocena stanu zanieczyszczenia osadów dennych w Kanale Miejskim we Wrocławiu. Wrocław, Archiwum P B-W „Progeos” 2007
- [5] *Popenda A., Malina G., Siedlecka E.*: Składowanie jako metoda unieszkodliwiania osadów dennych zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Ochrona środowiska i zasobów naturalnych, nr 32, 2007, 246–251
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27.09.2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2001 r. Nr 112, poz. 1206)
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16.04.2002 r. w sprawie rodzaju oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz.U. z 2002 r. Nr 55, poz. 498)
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 01. 08. 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. z 2002 r. Nr 134, poz. 1140)
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 09.09.2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r. Nr 165, poz. 1359)
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13.05.2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne. Dz.U. z 2004 r. Nr 165, poz. 1359)
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 07.09.2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu. Dz.U. z 2005 r. Nr 186, poz. 1553
- [12] *Tomassi-Morawiec H., Lis J., Pasieczna A.*: Atlas geochemiczny Wrocławia i okolic w skali 1: 100 000. Część I — gleby, osady wodne, wody powierzchniowe. Warszawa, PiG 1998
- [13] *Trzepierzewska I., Dzidowska K., Lorenc K.*: Badania i ocena stanu zanieczyszczenia gruntów na terenie Asset Invest in Poland SA we Wrocławiu. Wrocław, Raport. IIOŚ, PWr, ser. SPR nr 7/02, Bibl. IIOŚ, PWr 2002
- [14] *Woźniak M., Cwinnarowicz A.*: Badania geochemiczne i biologiczne gruntów i osadów dennych dla zadania udroźnienia Starej Odry od dolnego stanowiska jazu Psie Pole do mostów kolejowych we Wrocławiu. Warszawa, Arch. Hydroprojekt Sp. z o.o. 2005
- [15] *Zarębski M., Pluta J., Golsztejn J.*: Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla zadania udroźnienia Starej Odry od dolnego stanowiska jazu Psie Pole do mostów kolejowych poznańskich we Wrocławiu. Wrocław, Arch. RZGW, 2005